Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

UNTER MITWIRKUNG VON

A. BUTENANDT BERLIN-DAHLEM · P. DEBYE BERLIN-DAHLEM · F. K. DRESCHER-KADEN GÖTTINGEN · H. v. FICKER WIEN · R. GRAMMEL STUTTGART

O. HAHN BERLIN-DAHLEM · M. HARTMANN BERLIN-DAHLEM · F. KÖGL UTRECHT · M. v. LAUE BERLIN · E. v. d. PAHLEN POTSDAM

F. SAUERBRUCH BERLIN · H. SPEMANN FREIBURG I. BR. · H. STILLE BERLIN · F. v. WETTSTEIN BERLIN-DAHLEM

HERAUSGEGEBEN VON

FRITZ SÜFFERT

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

UND

ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 9 (SEITE 137—152) 3. MÄRZ 1939 27. JAHRGANG

INHALT:

Legierungen als chemische Systeme. Ihre technische Anwendung. Von GEORG MASING, Göttingen. (Mit 7 Figuren) 137

Arbeitsweisen und Ziele der Gewässerforschung. Von KARL STUNDL, Gelsenkirchen 145

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN:

Zur Trennung der Chlorisotope. Von K. CLUSIUS und G. DICKEL, München 148

Das Trennrohrverfahren bei Flüssigkeiten. Von KLAUS CLUSIUS und GERHARD DICKEL, München 148

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses siehe II. Umschlagseite!

Ohlmüller-Spitta

Untersuchung und Beurteilung des Wassers und des Abwassers

Ein Handbuch für die Praxis und zum Gebrauch im Laboratorium

Fünfte Auflage

Neu bearbeitet von

Wo. Olszewski und Dr. med. **O. Spitta**

Approb. Lebensmittel-Chemiker, Stadtamtsrat und Vorsteher der Laboratorien der Wasserwerke Dresden

a. o. Professor an der Universität Berlin, Vorsteher des Hygien. Laboratoriums im Reichsgesundheitsamt, Geh. Reg.-Rat

Mit 201 Textabbildungen und 7 zum Teil farbigen Tafeln. XI, 566 Seiten. 1931

RM 43.20; gebunden RM 44.64

. . . Sämtliche Kapitel sind durchaus nach dem neuesten Stande der theoretischen Forschung und praktischen Erfahrung umgestaltet. Sehr willkommen wird vielen Benutzern des Werkes auch das ganz neu hinzugekommene Kapitel über die behördlichen Bestimmungen betreffend Wasserversorgung, Reinhaltung der Flüsse und Abwasserbeseitigung im Deutschen Reiche und in den einzelnen Ländern sein. So wird sich die Hoffnung der Autoren, daß die völlig umgewandelte, stark erweiterte neue Auflage, die mit Recht nicht mehr als „Leitfaden", sondern als „Handbuch" bezeichnet wird, denselben Anklang wie ihre Vorgängerinnen finden möge, zweifellos erfüllen; den ausgedehnten, theoretisch und praktisch an den Fragen der Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung interessierten Kreisen wird das Werk auch in der neuen Form ein unentbehrlicher Ratgeber sein und bleiben. *„Klinische Wochenschrift"*

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses!

Zur Größe des Virus der infektiösen Myxomatosis. Von GERHARD SCHRAMM, Berlin-Dahlem 149

Zur Systematik des Kartoffel-X-Virus. Von E. KÖHLER, Berlin-Dahlem 149

BESPRECHUNGEN:

Handbuch der Vererbungswissenschaft. Herausgegeben von E. Baur † und M. Hartmann. Bd. II (Lfg. 23), Hans Stubbe: Genmutation. I. Allgemeiner Teil. (Ref.: Friedrich Oehlkers) 149

Handbuch der Paläozoologie. Herausgegeben von O. H. Schindewolf. Band 2 D: O. M. B. Bulman, Graptolithina. (Ref.: Walter Gross) 150

JACOBS, WERNER, Fliegen, Schwimmen, Schweben. (Verständliche Wissenschaft Bd. 36.) (Ref.: Hermann Weber) 151

Scharben und die Scharbenfischerei. Von HELMUT SICK 152

BORKUM JUIST NORDERNEY BALTRUM LANGEOOG SPIEKEROOG WANGEROOGE
Natürliche Heilkräfte der Nordsee!
„Reisewinke" durch den Landesfremdenverkehrsverband Ostfriesland, Emden

Liesegang
Projektionsapparate und Epidiaskope
Erhältlich in allen Ausführungen u. Preislagen
Ed. Liesegang, Düsseldorf
Postfach
Listen frei!

Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle

Von

Professor Dr. **Hartwig Klut**

Abteilungsdirektor an der Preußischen Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene in Berlin-Dahlem

Siebente, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 41 Abbildungen

IV, 201 Seiten. 1938. RM 8.70

Inhaltsverzeichnis:

Einleitung. — **Über den Wert der Ortsbesichtigung.** Entnahme von Wasserproben. — **Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle.** Reihenfolge der Untersuchungen. Temperaturbestimmung. Klarheit und Durchsichtigkeit. Prüfung auf Farbe. Nachweis der organischen Stoffe. Ermittlung organischer Verunreinigungen im Wasser (Praktisches Schnellverfahren). Bestimmung des Geruchs. Prüfung des Geschmacks auf salpetrige Säure (Nitrite), auf Salpetersäure (Nitrate), auf Ammoniakverbindungen, auf Reaktion, Ermittlung der Wasserstoffionenkonzentration. Bakteriologische Untersuchung. Prüfung auf Eisen. Kohlensäure. Bestimmung der freien Kohlensäure. Bestimmungen des in Wasser gelösten Sauerstoffes. Prüfung auf Blei. Biologische Untersuchung des Wassers. Prüfung auf Mangan. Bestimmung der Chloride. Prüfung und Bestimmung der Härte. Nachweis und Bestimmung von freiem Chlor sowie Hypochloriten im Wasser. Vorkommen und Nachweis von Arsen im Wasser. — **Physikalische Untersuchungsverfahren.** 1. Bestimmung der elektrolytischen Leitfähigkeit natürlicher Wässer. 2. Das Wasser-Interferometer, ein optisches Meßinstrument. — **Radioaktivität. — Muster für die Untersuchung von Grund- und Oberflächenwasser. — Über die durchschnittliche chemische Zusammensetzung von Grund- und Oberflächenwasser.** I. Trink- und Wirtschaftswasser. II. Kesselspeisewasser. III. Kühlwasser. IV. Fluß-, Seewasser usw. V. Fischgewässer. VI. Schweres Wasser. — **Über angreifende Wässer sowie über Rohrmaterial, Mörtel und Boden in ihrem gegenseitigen Verhalten. — Tabelle über die Wasserlöslichkeit einiger wichtiger chemischer Verbindungen** (bei Zimmertemperatur). — **Grenzwerte für Mineralwässer. — Sachverzeichnis.**

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

27. Jahrgang | 3. März 1939 | Heft 9

Legierungen als chemische Systeme. Ihre technische Anwendung[1].

Von GEORG MASING, Göttingen.

Die Chemie des 19. Jahrhunderts stand der *Legierung* ratlos gegenüber. War diese ein mechanisches Gemenge der beiden Metalle, war sie eine Verbindung oder war sie eine von den von VANT'HOFF neuerdings gefundenen festen Lösungen? Eine Antwort auf diese Fragen konnte mangels brauchbarer Methoden nicht gegeben werden. Erst als die mikroskopische Strukturuntersuchung des Schliffs die Möglichkeit gab, homogene und heterogene Legierungen zu unterscheiden, und als Verfahren zur genauen Messung der Temperaturen im Verlaufe der Erstarrung entwickelt worden waren, konnte an die Untersuchung der Legierungen herangegangen werden[2].

G. TAMMANN stellte sich hierbei vor allen Dingen die Aufgabe, in Erweiterung der bisherigen anorganischen Chemie die intermetallischen Verbindungen zu studieren[3].

Die klassische Definition der Verbindung ist sehr einfach. Sie ist durch das Molekül der Verbindung gegeben. Das Molekül ist wiederum grundsätzlich ein Gebilde, das sich als Ganzes bei der Diffusion oder im Gasraum bewegen kann. Damit ist gegeben, daß das Verhältnis der Atomzahlen im Molekül ein einfaches ist.

Die Feststellung einer Verbindung beruhte auf ihrer Isolierung und Analyse. Ergab sich unabhängig von den Herstellungsbedingungen immer dieselbe Zusammensetzung, die zudem einer einfachen Proportion entsprach, so galt die Existenz der Verbindung als bewiesen.

Die Isolierung von Verbindungen erwies sich für die Legierungen als in der Regel unmöglich. Die Methode der Rückstandsanalyse, also der Behandlung einer Legierung mit einem Angriffsmittel, von dem man annahm, daß es die verschiedenen Bestandteile verschieden stark angriff, führte zu den schwersten Irrtümern. (Neuerdings scheint jedoch ein brauchbares Lösungsmittel für solche Zwecke im flüssigen Ammoniak gefunden worden zu sein[4].) Man war also gezwungen, nach den Verbindungen auf Umwegen zu suchen.

Hierzu diente in erster Linie die thermische Analyse[5] Unter dieser ist die messende Verfolgung von Eigenschaftsänderungen im Verlaufe der Erstarrung und der weiteren Abkühlung, verbunden mit exakter Analyse der festgestellten Effekte, auf dem Boden der Lehre von den heterogenen Gleichgewichten zu verstehen. Die letztere ist eine erstaunliche Disziplin, die, nur auf den beiden Hauptsätzen der Thermodynamik fußend und ähnlich wie diese in voller Allgemeinheit und Unabhängigkeit von den Fragen molekularen Charakters, sehr eingehende Aussagen über die Zahlen und Bildungsbedingungen von Phasen in einem heterogenen System gestattet. Ihre wesentliche Grundlage ist bekanntlich die Phasenregel, und mit ihrer Hilfe wird eine Aussage darüber ermöglicht, ob einer beobachteten Eigenschaftsänderung z. B. die Ausscheidung von einer oder mehreren Kristallarten entspricht usw. Auf diese Weise und mit Hilfe der mikroskopischen Untersuchung wurde ein Zustandsdiagramm aufgestellt, d. h. eine Übersichtskarte, die die Konzentrations- und Temperaturgrenzen der Existenzgebiete verschiedener Kristallarten angibt. Mit Hilfe eines Zustandsdiagrammes wurde grundsätzlich nach Verbindungen gesucht.

G. TAMMANN hat in erster Linie die bei der Abkühlung auftretenden Wärmetönungen zur thermischen Analyse benutzt, und diese ist auch meistens in diesem eingeschränkten Sinne definiert worden. Darin liegt jedoch eine historische Ungerechtigkeit. TAMMANNS thermodynamische Überlegungen, auf denen die thermische Analyse beruht, sind von der Natur der Eigenschaft, die bei der Abkühlung verfolgt wird, weitgehend unabhängig, und die neuerdings im großen Umfange angewandten Verfahren der Messung des elektrischen Widerstandes, des Volumens (der Länge) oder der magnetischen Eigenschaften bei Temperaturveränderungen sind weiter nichts, als Varianten der vor langer Zeit von G. TAMMANN entwickelten Methode.

Mit Hilfe der thermischen Analyse konnte in einfacheren Fällen eine Aussage über die Zusammensetzung von sich ausscheidenden Phasen mit einer Genauigkeit von 0,5—2 % gemacht werden. Wenn außerdem die Schliffuntersuchung ergab, daß die Legierungen bei dieser Zusammensetzung im Gegensatz zu benachbarten nur aus einer Kristallart bestanden, und wenn es fernerhin gelang, innerhalb der Fehlergrenzen bei dieser Zusammensetzung für die Verbindung eine einfache Formel zu finden, so galt die Verbindung dieser Zusammensetzung als nachgewiesen.

Hierbei ging man also durchaus von der althergebrachten Definition der Verbindung aus.

[1] Vortrag, gehalten bei der 95. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte in Stuttgart, September 1938.

[2] G. TAMMANN, Lehrbuch der Metallographie. 1. Aufl. Leipzig und Hamburg: Leopold Voß 1914, Einleitung.

[3] G. TAMMANN, Z. anorg. u. allg. Chem. **37**, 303 (1903); **45**, 24 (1905).

[4] Vgl. z. B. E. ZINTL u. A. HARDER, Z. physik. Chem. B **34**, 238 (1936).

[5] G. TAMMANN, a. a. O.

Die Fruchtbarkeit dieses Ansatzes mußte mit dem Molekülbegriff zusammenhängen, also in erster Linie davon abhängen, ob man mit dem Ansatz, daß die intermetallischen Verbindungen nach einfachen Proportionen aufgebaut sind, ein Naturgesetz erschaut hatte oder nicht. Die Genauigkeit der Zusammensetzungsbestimmung der Verbindungen war nämlich eine nicht sehr große, durch Zulassung von komplizierteren Formeln konnte man sie willkürlich in verschiedener Weise beschreiben.

Die Erfolge der von G. TAMMANN eingeleiteten Arbeiten waren erheblich. In einer großen Reihe von Fällen konnten Verbindungen aufgefunden werden, die, insbesondere, wenn die Komponenten in ihren Eigenschaften bis zu einem gewissen Grade polare Gegensätze aufwiesen, den Wertigkeiten der Elemente entsprachen, wie man sie aus der anorganischen Chemie kannte. In vielen Fällen wichen jedoch die gefundenen Formeln der Verbindungen sehr deutlich von den üblichen Wertigkeitsgesetzen ab. Deshalb hat G. TAMMANN das Gesetz ausgesprochen, daß bei den intermetallischen Verbindungen die „Sauerstoff- oder Wasserstoffwertigkeiten" nur beschränkt gelten[1].

Aus Tabelle 1 ersieht man die Verhältnisse an einigen Beispielen von Legierungen des Natriums und des Magnesiums[2].

Tabelle 1.

System	Verbindungen
Na-Bi	Na_3Bi, NaBi
Na-Pb	(Na_4Pb), Na_5Pb_2, Na_2Pb, NaPb, (Na_2Pb_5) $Na_{15}Pb_4$ $NaPb_3$
Na-Tl	NaTl, Na_2Tl, Na_4Tl?
Na-Hg	Na_5Hg_4 Na_3Hg_2, NaHg, Na_7Hg_8, $NaHg_2$, $NaHg_4$
Na-Cs	Na_2Cs
Mg-Bi	Mg_3Bi_2
Mg-Pb	Mg_2Pb
Mg-Tl	Mg_5Tl_2, Mg_2Tl, MgTl
Mg-Hg	Mg_3Hg, Mg_2Hg, MgHg, Mg_2Hg_5 oder $MgHg_2$

Fig. 1 gibt das Zustandsdiagramm der Pb-Na-Legierungen als Beispiel wieder, da wir uns mit ihnen im weiteren noch beschäftigen werden.

Das Halbmetall Bi bildet die Verbindungen Na_3Bi und Mg_3Bi_2 in Übereinstimmung mit den Valenzen. Allerdings findet sich eine zweite Verbindung NaBi, die mit den Valenzen nicht übereinstimmt.

Beim Pb, das den Metallen Mg und Na schon etwas näher ist, steht die Verbindung Mg_2Pb in Übereinstimmung mit den Valenzen; bei den Na-Pb-Legierungen steht es damit aber schon beträchtlich schwieriger.

[1] Eine Übersicht der so gefundenen Verbindungen findet man in den verschiedenen Auflagen des Lehrbuches der Metallkunde von G. TAMMANN, zuletzt 4. Aufl. 1932.

[2] Nach M. HANSEN, Der Aufbau der Zweistofflegierungen. Berlin: Julius Springer 1936.

Bei den Verbindungen mit Tl, Hg und Cs kann von der Einhaltung der gewöhnlichen Sauerstoff- oder Wasserstoffvalenzen überhaupt keine Rede mehr sein.

Für die Verbindungen dieser Art ist es nun nicht gelungen, auf der Basis der alten Molekülvorstellungen eine einigermaßen lückenlose Systematik oder ein Aufbauprinzip anzugeben.

Inzwischen kamen aber weitere Schwierigkeiten:

1. Es stellte sich heraus, daß in Legierungen singuläre Kristallarten, die nur eine bestimmte Zusammensetzung haben können, sehr selten sind. In der Regel treten Gebiete von homogener Struktur auf, die 1 bis viele Prozente umfassen. Es ist gar nicht möglich, anzugeben, welche Zusammensetzung denn innerhalb eines Gebietes der wirklichen „Verbindung" entspricht.

Einen wesentlichen Fortschritt brachte hier die Röntgenuntersuchung. An Stelle des klassischen

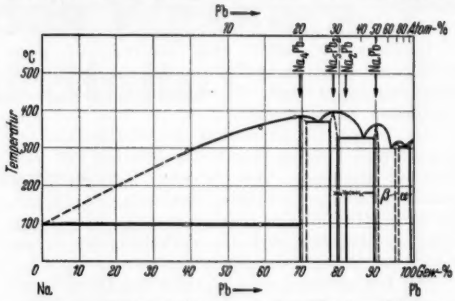


Fig. 1. Zustandsdiagramm der Natrium-Blei-Legierungen.

Begriffes des beweglichen Moleküls stellt sie als Kriterium einer Verbindung die Konfiguration der Atome im Raumgitter innerhalb der Elementarzelle auf. In der Tat konnten aus ihrer Lage und Anordnung mit Recht gewisse Schlüsse über die *Affinität* der Komponenten, also über die Verbindungsbildung, gezogen werden.

Wenn also etwa bei den Be-Cu-Legierungen ein schmaler Homogenitätsbereich gefunden wurde, in dem die Zusammensetzung BeCu lag, und wenn die Röntgenanalyse eine Cäsiumchloridstruktur mit regelmäßiger Verteilung der Be- und der Cu-Atome ergab, so konnte die Existenz einer Verbindung BeCu als erwiesen betrachtet werden[1]. In solchem Zusammenhange konnte das Ergebnis der Röntgenanalyse als eine Bestätigung der thermischen und mikroskopischen Untersuchungen gelten.

Innerhalb des Mischkristalls mußte ein teilweiser Ersatz der einen Atomart im Raumgitter durch die andere angenommen werden. Dadurch wurde die regelmäßige Anordnung gelockert. Die Bildung von Mischkristallen in der Umgebung von regel-

[1] O. DAHL, E. HOLM u. G. MASING, Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Werken 8/1, 248 (1929). — G. MASING, Z. Metallkde **20**, 19 (1928).

mäßigen Atomanordnungen zeigt eine bemerkenswert geringe Empfindlichkeit der Metalle gegen derartige Störungen. Der exakten Zusammensetzung der „Verbindung" kommt in einem solchen Falle eine viel geringere Bedeutung zu als bei den meisten Salzen[1].

2. Es stellte sich aber heraus, daß diese regelmäßige Atomanordnung, diese einem Homogenitätsbereich zugrunde liegende „Verbindung" zuweilen im reinen Zustande gar nicht realisierbar ist. Hierfür gibt es mehrere Beispiele (Fe-O, Fe-Sb, Fe-Si, Cu-Zn, Na-Pb). Die in der Tabelle 1 angegebene Zusammensetzung Na_3Pb_5 liegt innerhalb des Homogenitätsbereiches von 68—72 At-% Pb. Die Röntgenanalyse hat aber als Basis der Struktur das Gitter $NaPb_3$ mit regelmäßiger Atomverteilung ergeben (flächenzentriert regulär)[2]. Im reinen Zustand ist es nicht beständig, sondern erst, wenn ein Teil der Pb-Atome durch Na ersetzt ist.

Ein anderes sehr schönes Beispiel gibt das System Fe-Sb[3] (Fig. 2). Man sieht, daß das Homogenitätsgebiet weit außerhalb der Raumgitterbasis FeSb liegt, besonders bei höheren Temperaturen. Die ε-Kristalle zeigen NiAs-Struktur, in der ein Teil der Sb-Atome durch Fe ersetzt ist.

In der Sprache der klassischen Chemie hat G. TAMMANN in der ersten Auflage seines Lehrbuches 1914 einen solchen Fall im System Cu-Zn (CuZn, β-Messing) durch Annahme einer teilweisen Dissoziation der Verbindung CuZn und des Vorhandenseins eines Überschusses von Cu als Voraussetzung ihrer Stabilität gedeutet. Derartige Deutungen haben heute ein neues Interesse im Zusammenhang mit der Fehlstellentheorie von Mischkristallen von W. SCHOTTKY und C. WAGNER[4] erhalten.

3. Eine weitere Schwierigkeit entstand dadurch, daß das Gesetz der einfachen Proportionen in einer Reihe von Fällen versagte. Sieht man das schon aus einigen „Verbindungen", der Tabelle 1, so wird es etwa am Beispiel der Verbindung Na_4Pb noch klarer. Eine sehr exakte Röntgenuntersuchung hat zum Ergebnis geführt, daß die Struktur durch die Formel Pb_4Na_{15} (im Elementarkörper 60 Na- und 16 Pb-Atome) wiedergegeben wird[5].

Es ist hier nicht so, daß die Natur einfache stöchiometrische Verhältnisse bevorzugt, sie *vermeidet* sie, und zwar sogar unter Verletzung der Wertigkeit! Es gibt zahlreiche andere Beispiele ähnlicher Art.

Dieser Befund bedeutet nicht eine Widerlegung des Molekülbegriffes — es gibt zahlreiche sehr große organische Moleküle, deren Existenz niemals bezweifelt wird — er ergibt aber eine neue Schwierigkeit, die Zusammensetzung einer Verbindung aus dem Zustandsdiagramm abzulesen.

4. Wenn schon die genannten Schwierigkeiten, insbesondere die zu 2 und zu 3, eine werkwürdige *Indolenz* der Metalle gegenüber der genaueren Zusammensetzung beim Aufbau der Verbindung

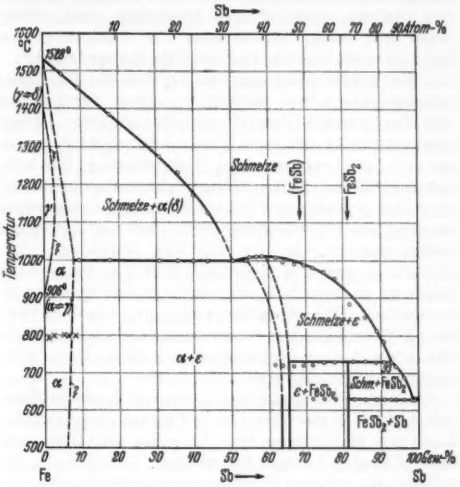


Fig. 2. Zustandsdiagramm der Eisen-Antimon-Legierungen.

aufweisen, so tritt das noch viel krasser in den Fällen hervor, wo im Zustandsdiagramm Kristallarten mit eng begrenztem Existenzbereich, also richtige singuläre Kristallarten auftreten, *die jedoch keine regelmäßige Atomverteilung* zeigen. Ein besonders markanter Fall dieser Art liegt bei einer Kristallart der Zusammensetzung Ag_3Al vor[1]. Der große Unterschied der Atomnummern der Komponenten macht die röntgenometrische Feststellung einer Überstruktur in diesem Falle besonders einfach. Eine solche konnte aber nicht gefunden werden. In diesem Falle versagt der Molekülbegriff nun völlig. Hier ist eigenartigerweise das Verhältnis der Silber- und Aluminiumatome als statistischer Mittelwert vorgeschrieben. Wie sie aber innerhalb molekularer Abmessungen gegeneinander liegen, ist ganz gleichgültig. Die Zusammensetzung Ag_3Al wird also sicherlich nicht

[1] Unter den zahlreichen Arbeiten der letzten Jahre, die sich dem Problem der intermetallischen Verbindung widmen, sind insbesondere die von WESTGREN und Mitarbeitern [englische Zeitschriften, Z. physik. Chem., Z. Metallkde; eine allgemeine Darstellung, Z. angew. Chem. **45**, 33 (1932)] und die allgemeine Darstellung von U. DEHLINGER [Handbuch der Metallphysik 1, herausgegeben von G. MASING, Leipzig: Akadem. Verlagsgesellschaft 1933; Z. Metallkde **26**, 227 (1934)], mit denen sich die hier gebrachten Gedankengänge meistens decken, zu nennen.

[2] E. ZINTL u. A. HARDER, a. a. O.

[3] M. HANSEN, a. a. O.

[4] C. WAGNER u. W. SCHOTTKY, Z. physik. Chem. B **11**, 163 (1930); allgemeine Besprechung s. W. JOST, Diffusion und chemische Reaktion in festen Stoffen. Th. Steinkopff 1937.

[5] E. ZINTL u. A. HARDER, a. a. O.; vgl. den Vortrag von LAVES, Naturwiss. **1939**, H. 5, S. 65.

[1] A. WESTGREN u. A. I. BRADLEY, Philosophic. Mag [7] **6**, 280 (1928).

durch Affinitätskräfte gewöhnlicher Art zwischen den Atomen aufrecht erhalten, sondern durch irgendwelche andere Umstände.

In den intermetallischen Verbindungen treten, neben den Affinitäten, in manchen Fällen diese völlig überwiegend, andere Aufbauprinzipien hervor. Sie werden von LAVES a. a. O. erörtert. Hier soll nur auf zwei Umstände hingewiesen werden, die das Zurücktreten der Affinitätskraft in ihrer Bedeutung für die Verbindungsbildung bei Metallen verständlich machen. Erstens ist es der geringe Betrag der Affinitäten, der sich bei der Verbindungsbildung, betätigt, und zweitens die metallische Leitfähigkeit, der Umstand, daß die Elektronen im Raumgitter nicht fixiert, wie bei den Salzen, sondern frei beweglich sind. Hier seien nur einige Worte über die Definition der intermetallischen Verbindung überhaupt gesagt.

Wir haben oben angedeutet, daß die Röntgenanalyse als neues Kriterium einer Verbindung die *Konfiguration* der Atome gebracht hat. Dieser Gesichtspunkt ist dann besonders wichtig, wenn es sich um intermediäre Kristallarten handelt, die sich über weite Konzentrationsbereiche erstrecken, wo also eine Feststellung der Zusammensetzung einer Verbindung nach anderen Methoden völlig versagt. In der Tat hat WETSGREN den Vorschlag gemacht, jedesmal dort von einer Verbindung zu sprechen, wo eine regelmäßige Atomverteilung (Überstruktur) vorliegt[1]. Die von ihm selbst herrührenden Messungen an Ag_3Al haben ihn aber davon überzeugt, daß diese Definition nicht zweckmäßig ist[2].

Die Entstehung eines Gebietes intermediärer Kristallart in der Mitte eines Zustandsdiagrammes kann als Betätigung von Affinität zwischen den Komponenten betrachtet werden. Aber auch in zahlreichen Fällen der Mischkristallbildung sind solche Affinitäten anzunehmen, und es ist vorerst gar nicht abzusehen, wodurch im einzelnen Fall die Entstehung von Mischungslücken und von intermediären Kristallarten mit größerem Homogenitätsbereich hervorgerufen werden kann. Jedenfalls braucht das keineswegs allein mit der Größe der Affinität zusammenzuhängen. Solche intermediären Kristallarten brauchen auch keineswegs Überstruktur zu zeigen. So ist die Mischkristallart β (Fig. 3) im Zustandsdiagramm Ag-Zn frei von Überstruktur[3].

Wenn man von chemischen Verbindungen spricht, so heißt es, daß man das Verhalten von zwei Komponenten unter dem Gesichtspunkt der chemischen Affinität betrachtet. Alles spricht dafür, daß dieser Gesichtspunkt in vielen metallischen Systemen, die intermediäre Kristallarten aufweisen, wenig fruchtbar ist. Ich bin deshalb durchaus der Ansicht von U. DEHLINGER[1], daß man das Anwendungsgebiet des Begriffs der Verbindung für metallische Systeme *eng* zu fassen hat, in Begrenzung auf Fälle, wo die chemischen Affinitäten sich deutlich betätigen. U. DEHLINGER hat als Kennzeichen einer Verbindung die Forderung einer Raumgitterstruktur aufgestellt, die sich wesentlich von denjenigen der Komponenten unterscheidet. So wäre z. B. die tetragonale Struktur von AuCu nicht als Verbindung zu betrachten. Aber auch diese — übrigens rein qualitative — Definition ergibt keine scharfe Abgrenzung, da man nicht weiß, wo man von einer

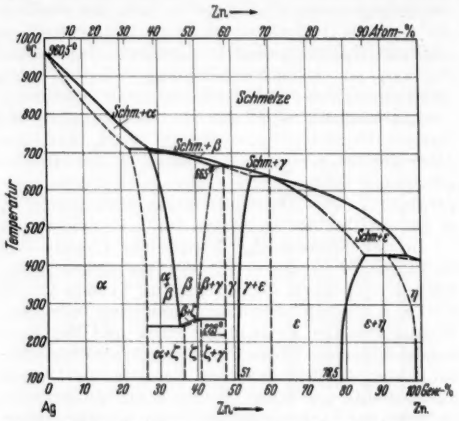


Fig. 3. Zustandsdiagramm der Silber-Zink-Legierungen.

„wesentlichen" Veränderung der Raumgitterstruktur zu sprechen hat und wo nicht.

Vielleicht ist es aber zweckmäßiger, den Gesichtspunkt der Verbindungsbildung bei der Betrachtung der metallischen Systeme in den Hintergrund treten zu lassen und nur nach den *molekularen* Existenzbedingungen von Kristallarten zu fragen, wie das WESTGREN tut[2].

Diesen Weg, aber ohne Rücksicht auf molekulare Fragen, hat die auf der GIBBSschen Phasenregel fußende Erforschung des Zustandsdiagrammes schon lange beschritten. G. TAMMANN benutzte zwar die Zustandsdiagramme zur Erforschung molekularer Fragen. Man erkannte aber bald — was den Begründern der Lehre von den heterogenen Systemen von Anfang an klar gewesen war — daß ein Zustandsdiagramm sich ohne jede Bezugnahme auf molekulare Probleme aufstellen und erörtern läßt. So spricht der Metallograph heute nur von Kristallarten und ihren Existenzbereichen.

Die große Kompliziertheit der Zustandsdiagramme und die Fülle der Probleme und Schwierigkeiten, die ihre genaue Untersuchung mit sich

[1] A. WESTGREN u. G. PHRAGMÉN, Philosophic. Mag. (VI) **50**, 31 (1925).

[2] Vgl. z. B. A. WESTGREN, Z. angew. Chem. **45**, 33 (1922).

[3] M. STRAUMANIS u. J. WEERTS, Metallwirtsch. **10**, 919 (1931).

[1] U. DEHLINGER, a. a. O.

[2] A. WESTGREN, Z. angew. Chem., a. a. O.

gebracht hat, hat den Gesichtswinkel ganz von den molekularen Problemen abgelenkt. Erst in der letzten Zeit werden wieder Versuche gemacht, die Formen der Zustandsdiagramme in ihren Einzelheiten molekular zu deuten[1].

Die Gestalt der Zustandsdiagramme ist auch in der Tat so, daß sie zunächst nicht zu molekularen Betrachtungen einlädt. Man betrachte das Zustandsdiagramm der Cu-Sn-Legierungen (Zinn-Bronzen) Fig. 4. Die Löslichkeitskurven sind gekrümmt, man weiß nicht, warum. Oft sind

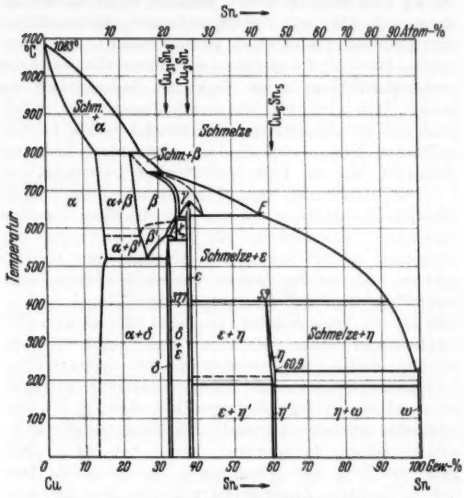


Fig. 4. Zustandsdiagramm der Kupfer-Zinn-Legierungen.

die Krümmungen noch viel stärker. Die Kristallart γ scheidet sich aus der Schmelze aus. Mit sinkender Temperatur verwandelt sie sich jedoch in die Kristallart β, dazwischen liegt nur ein ganz schmaler heterogener Saum. Angrenzend zerfällt γ eutektoid in zwei Kristallarten β und ε. Wenige Grade tiefer können aber diese beiden Kristallarten nicht mehr nebeneinander bestehen, sie reagieren unter Bildung der Kristallart ζ, die aber ihrerseits nur einen kleinen Stabilitätsbereich hat und in zwei neue Kristallarten δ und ε zerfällt.

Wie kann man hoffen, die Gestalten der einzelnen Gleichgewichtslinien in einem solchen Zustandsdiagramm zu verstehen, wenn noch die Aufbauprinzipien der einzelnen Kristallarten so viele Probleme bieten?

Es ist aber klar, daß die Beschränkung auf eine rein formale Betrachtungsweise eines Zustandsdiagrammes einen Verzicht auf sein tieferes Verständnis bedeutet. Das Zustandsdiagramm ist reine Empirie, im Rahmen der Phasenregel gibt es nur an, welche Kristallarten und bei welchen Temperaturen und Zusammensetzungen sie auftreten. Die Frage warum, also in welchen Zusammenhängen mit anderen Eigenschaften der Materie das so und nicht anders geschieht, wird gar nicht gestellt. Das Ziel der Wissenschaft muß aber sein, ein Zustandsdiagramm *vorhersagen*, a priori *konstruieren* zu können. Dieses Problem erfordert grundsätzlich atomistische Betrachtungen.

Der große Formenreichtum der Zustandsdiagramme läßt aber schon jetzt darauf schließen, daß sie, ebenso, wie die Struktruen intermetallischer Kristallarten, sich nicht als Auswirkung eines einfachen elementaren Prinzips darstellen lassen, sondern daß hier wahrscheinlich mehrere Einflüsse geringerer Stärke bestimmend sind.

Die Metallkunde liefert heute der Technik an wissenschaftlichen Erkenntnissen das Zustandsdiagramm und eine Reihe von Angaben über atomistische Anordnungen der Kristallarten. Was kann davon der *Techniker* gebrauchen? Zur Zeit nur das Zustandsdiagramm. Die Brücken zwischen dem Zustandsdiagramm und dem technischen Verhalten sind geschlagen; solange es aber nicht möglich ist — und mit verschwindenden Ausnahmen ist das noch nicht möglich —, aus atomistischen Feststellungen über Legierungen Schlüsse auf ihr technisches Verhalten zu ziehen, ist dieser Teil der Metallkunde ohne unmittelbaren Nutzen für den Tagesbedarf des Technikers. Für die Zukunft ist jene atomistische Forschung sicher sehr wichtig. Wird sie doch allein Voraussagen über das Verhalten von Legierungen und die Gestalt von Zustandsdiagrammen und damit eine zielbewußte Synthese von Legierungen gestatten. Heute ist aber dem Techniker noch ganz gleichgültig, daß das β-Messing ein raumzentriertes Raumgitter mit regelmäßiger Anordnung von Cu- und Zn-Atomen besitzt und dieses Gitter nur bei einem Überschuß an Kupfer existenzfähig ist. Ihn interessiert lediglich, daß die Grenzen des β-Gebietes etwa bei 54 und 51 % Kupfer liegen (vgl. Fig. 5). Er weiß, daß für die Menge der in einer Legierung mit 58 % Cu sich ausscheidenden Cu-reicheren β-Kristalle die erste Grenze maßgebend ist, und daß dadurch die technischen Eigenschaften des 58-er Messings beeinflußt werden. Er weiß, daß er das Pressen des Messings bei so hoher Temperatur durchführen muß, daß bei 58 % Cu die Legierung noch aus homogenen β-Kristallen besteht, weil sonst die Festigkeitseigenschaften leiden. Über diese Temperatur unterrichtet er sich aus dem Zustandsdiagramm. Weitere atomistische Fragen interessieren ihn noch nicht.

Was interessiert ihn nun weiterhin speziell am formalen Zustandsdiagramm?

Zunächst mit geringen Ausnahmen nur die Kristallarten, die sich in ihren Eigenschaften nur wenig von den reinen Metallen unterschieden;

[1] Vgl. z. B. HUME-ROTHERY, The Structure of Metals and Alloys. London: Verlag des Institute of Metals 1936. — U. DEHLINGER, Chemische Physik der Meteore und Legierungen. Leipzig: Akadem. Verlagsges. 1939.

bei allen komplizierteren Diagrammen nur ihre *Ränder*, weil die Legierungen mittlerer Konzentrationen meistens spröde und technisch unbrauchbar sind, hauptsächlich, wenn sie intermediäre Kristallarten mit ausgesprochener Affinitätsbetätigung bilden.

So enthalten die technischen Stähle bis etwa 1,5 % C, das bereits spröde Gußeisen bis etwa 4 % C, die walzbare Zinnbronze in der Regel neben Kupfer nur 6—8 % Sn, die Aluminiumbronze bis 8—10 % Al, die Cu-Be-Legierungen 2—2,5 % Be, das Duralumin 4 % Cu, 0,5 % Mg, 0,5—1 % Mn usw.

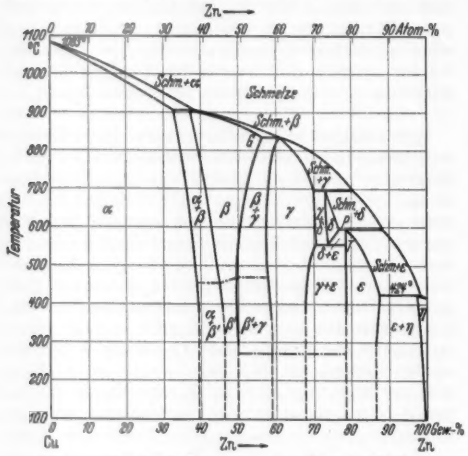


Fig. 5. Zustandsdiagramm der Kupfer-Zink-Legierungen.

Deshalb sind die in den meisten komplizierten Zustandsdiagrammen bei mittleren Konzentrationen noch vorhandenen Unsicherheiten — glücklicherweise — ohne einschneidende Bedeutung für die Technik.

Bei der Erörterung der Verbesserung der technischen Verwendbarkeit von Metallen durch Legierungsbildung wollen wir in der Hauptsache nur die technische Forderung der Festigkeit erörtern.

Die Elastizitätsgrenze eines Werkstoffes ist die Zugspannung, bei der die Gleitung beginnt. Will man diese Grenze erhöhen, so muß man den Widerstand gegen das Einsetzen der Gleitung erhöhen. Ein solcher Eingriff kann am einfachsten durch Mischkristallbildung, also Aufnahme der Atome des Zusatzes in das Raumgitter des Wirtsmetalls, oder durch Bildung einer neuen intermediären Kristallart geschehen. Solche intermediären Kristallarten sind aber, wie erwähnt, sofern sie mit höherer Affinität entstehen, spröde und deshalb technisch ungünstig. Die erste und einfachste Art der Härtung eines Metalles besteht also durch Hinzulegieren von *Mischkristallbildnern*. Die Erfahrung lehrt, daß hierdurch in der Regel nicht nur die Elastizitätsgrenze, sondern auch die Zerreißfestigkeit steigt, ohne daß die Dehnung wesentlich sinken würde. Bei erhöhter Festigkeit behalten die Mischkristalle noch eine genügende Geschmeidigkeit[1].

Vielfach wird die Festigkeit im gegossenen Zustand nur unerheblich erhöht, wohl aber das Maß der Verfestigung durch das Kaltrecken. So hat die Zinnbronze im gegossenen Zustand eine Festigkeit in der Größenordnung von 20 kg/mm — kaum mehr, als reines Kupfer. Durch plastische Verformung in der Kälte kann sie leicht auf etwa 80 kg und mehr gehoben werden, während sie bei reinem Kupfer unter entsprechenden Bedingungen nur den Wert von etwa 40 kg erreicht. Auf derselben Basis sind meistens die Edelmetallegierungen aufgebaut. Das reine Gold ist bekanntlich zu weich. Es wird deshalb durch Zusatz von Silber und von Kupfer, die mit ihm Mischkristalle bilden, gehärtet. Platin wird ähnlich, etwa durch Iridium, gehärtet, wie im Falle des Pariser Urmeters.

Die Erhöhung der Elastizitätsgrenze durch Mischkristallbildung ist für verschiedene Zusätze durchaus verschieden. Sie beruht auf einer im einzelnen nicht bekannten Störung des Raumgitters. Es ist in diesem Zusammenhange verständlich, daß die Härtung in der Regel um so stärker zu sein scheint, je mehr der elektrische Widerstand eines Metalles durch den Zusatz erhöht wird. Andererseits pflegt dadurch die Löslichkeitsgrenze im Kristallzustande geringer zu werden. So liegt sie beim Zink, das auf Kupfer nur eine geringe härtende Wirkung ausübt, bei gewöhnlicher Temperatur etwa bei 35 %, bei Zinn bei 6 %, bei Aluminium bei 9—10 %. Die beiden letzten Zusätze härten das Kupfer viel mehr, als das Zink.

Die Möglichkeiten der Härtung durch Mischkristallbildung sind beschränkt. In der Tat wird in diesem Zusammenhang durch Herstellung von Legierungen mit mehreren Komponenten, also durch Zugabe weiterer Zusätze, nicht viel mehr gewonnen. Die Zahl der Metalle, die mit einem gegebenen Metall Mischkristalle bilden, ist aber nicht unbegrenzt. Man kann heute sagen, daß die Härtung der Metalle durch Mischkristallbildung erschöpft ist und kaum technisches Interesse als Entwicklungsproblem beansprucht. Grundsätzlich ist sie natürlich sehr interessant. Hierauf kann an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden.

Auf einer ganz anderen Basis beruht die Härtung der allermeisten Stähle, nämlich auf der γ—α-Umwandlung des Eisens und ihrer Beeinflussung durch Zusatz von Kohlenstoff. In Fig. 6 ist das Zustandsdiagramm der Fe-C-Legierungen dargestellt. Oberhalb von 906° ist das Eisen flächenzentriert (γ-Form), unterhalb dieser Temperatur raumzentriert (α-Eisen). Der Kohlenstoff kann sich im γ-Eisen nicht unerheblich als Mischkristall

[1] W. GUERTLER hat in zahlreichen allgemeinen Darlegungen auf diese Bedeutung der Mischkristallbildung hingewiesen. Vgl. Z. Metallkde seit etwa 1919.

lösen, im α-Eisen nur sehr wenig (etwa 0,04 % bei 700°). Auf diese Weise entsteht der bekannte Perlitpunkt, in dem bei der Abkühlung der γ-Mischkristall mit etwa 0,89 % C eutektoidisch in α-Eisen und in den Zementit Fe_3C zerfällt.

Auf dieser Reaktion ruht heute so gut wie die ganze Stahlhärtungstechnik.

Die Perlitbildung besteht grundsätzlich aus der Keimbildung der zu bildenden Kristallarten α und Fe_3C und ihrem Wachstum. Das letztere erfordert eine Wanderung des Eisens oder des Kohlenstoffes im Eisen durch Diffusion.

Wird der Perlitpunkt bei der Abkühlung zu schnell durchschritten, so bleibt zunächst die

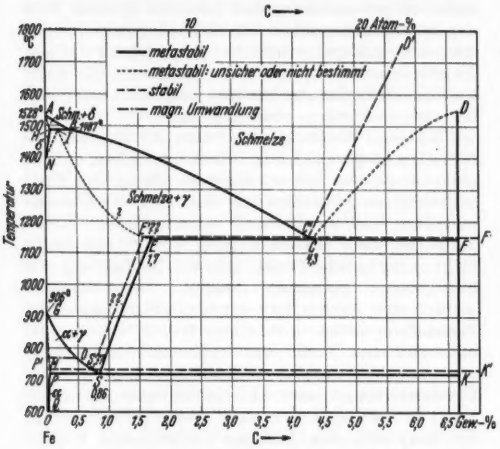


Fig. 6. Zustandsdiagramm der Eisen-Kohlenstoff-Legierungen.

Keimbildung des Zementits aus. An Stelle der Perlitbildung kann nun noch eine Ausscheidung des α-Eisens aus den γ-Mischkristallen unter Änderung der Konzentration erfolgen. Diese Reaktion erfordert eine Diffusion in der γ-Phase. Bei gewöhnlichen Kohlenstoffstählen ist sie nicht beobachtet worden, wohl aber bei Sonderstählen, bei denen die Reaktionsgeschwindigkeiten verändert sind.

Erfolgt die Abkühlung so schnell, daß weder eine Keimbildung des Fe_3C, noch eine Diffusion im γ hat stattfinden kann, so tritt bei tieferen Temperaturen ohne Ausscheidung von Kohlenstoff aus der festen Lösung die γ—α-Umbildung ein. Der entstehende α-Mischkristall ist an Kohlenstoff sehr stark übersättigt und infolgedessen tetragonal verzerrt. Das entstandene Gefüge wird als *Martensit* bezeichnet. Martensit ist sehr hart und nicht plastisch verformbar. Jeder durch Abschrecken (aus dem γ-Felde) gehärtete Stahl besteht vorwiegend aus Martensit.

Dadurch, daß der Kohlenstoff im α-Raumgitter zwischen die Fe-Atome eingezwängt ist, hat das Eisen die Gleitfähigkeit verloren: Die Elastizitätsgrenze ist stark erhöht, die plastische Verformung ausgeschlossen.

Erhitzt man den Martensit auf verschiedene Temperaturen unterhalb 700°, so beginnt zunächst bereits etwa bei 100° die Ausscheidung des Kohlenstoffes, zunächst in äußerst feindisperser Form. Die Festigkeit sinkt noch nicht, die Geschmeidigkeit wird etwas erhöht. Bei höheren Temperaturen, bei denen schon Platzwechselvorgänge möglich werden, entstehen α-Eisen und Zementit neben einander in den verschiedensten Ausbildungsformen, wodurch weitgehende Variationen der technischen Eigenschaften im einzelnen möglich werden.

Das ist ein ganz kurzes Schema der Grundlagen der thermischen Stahlbehandlungstechnik, die durch ihre Primitivität dem Stahlfachmann sicher weh tun wird.

Offenbar wirkt eine ganze Reihe von Umständen zusammen, die die ungeheure Mannigfaltigkeit der Erzeugnisse auf der Basis der γ—α-Umwandlung ermöglichen.

Außer Eisen gibt es nur noch wenige Metalle, die Umwandlungen aus einem Raumgitter in ein anderes im Kristallzustand erleiden. Irgendeine technische Bedeutung haben diese Umwandlungen bisher nicht gewonnen.

Vor allen Dingen ist es die große Verbreitung des Eisens auf der Erdoberfläche, die seine technische Verwendung im größten Maßstabe gestattet. Fernerhin ist es die spezielle Form des Zustandsdiagrammes der Fe-C-Legierungen, insbesondere der Umstand, daß der Kohlenstoff im γ-Eisen zwar in höheren Konzentrationen löslich ist, nicht aber im α-Eisen. Dadurch wird die Perlit-Reaktion in allen ihren Variationen ermöglicht. Von grundsätzlichem Interesse ist aber vor allen Dingen der Umstand, daß die Eisenreaktionen und die γ—α-Umwandlung sich, insbesondere unter Zuhilfenahme von weiteren Legierungszusätzen, in den weitesten Grenzen beeinflussen und teilweise oder ganz unterdrücken lassen. Durch ihre gänzliche Unterdrückung entstehen die *austenitischen* Stähle, die also das flächenzentrierte γ-Raumgitter aufweisen und die sich durch Zähigkeit, hohe Standfestigkeit bei hohen Temperaturen und durch gute Korrosionsbeständigkeit auszeichnen. Zu diesen gehört der bekannte V 2 A-Stahl. Durch teilweise Unterdrückung oder Verschleppung der Umwandlung zu tieferen Temperaturen hin entsteht der martensitisch gehärtete Stahl und im Zusammenhang mit ihm eine ganze Reihe von technischen Varianten. Bei langsamerer Abkühlung des Kohlenstoffstahles verläuft die Perlit-Reaktion ungestört etwa nach dem Gleichgewichtszustandsdiagramm. Je nach den Arbeitsbedingungen — zu denen auch die Wahl der Zusammensetzung des Stahles gehört — hat man somit die Möglichkeit, die thermische Beweglichkeit von ihren höchsten Stufen, die bei der technischen Operation zum Gleichgewicht führen, bis zu ihrer praktisch völligen Aufhebung zu variieren.

Ähnliche Möglichkeiten liegen bei anderen Legierungen als denen auf der Basis Fe-C aufgebauten in der Regel nicht vor. Hier hat sich vor 30 Jahren eine neue Entwicklung angebahnt, die grundsätzlich viel Verwandtes mit der Abschreckbehandlung des Stahles, insbesondere in Kombination mit geringfügigem Anlassen, hat, aber ganz unabhängig von der Stahltechnik zustande gekommen ist. Es handelt sich um die *Aushärtung* oder *Ausscheidungshärtung*. Der deutsche Forscher WILM hat gefunden, daß das Duralumin, also Aluminium, das mit 4% Cu und 0,5% Mg legiert ist, eine Festigkeitserhöhung zeigt, wenn man es von 500° an abschreckt und einige Tage bei Zimmertemperatur liegen läßt. Heute wissen wir, daß diese Aushärtung darauf beruht, daß die Legierung bei höherer Temperatur vorwiegend aus homogenen Mischkristallen besteht, daß diese durch Abschrecken bei gewöhnlicher Temperatur zunächst erhalten werden, obwohl die Löslichkeitsgrenze zu niedrigeren Werten sinkt, so daß sie bei gewöhnlicher Temperatur übersättigt sind, und daß bei gelindem Anlassen durch Lagernlassen bei gewöhnlicher oder — je nach der Natur der Legierung — erhöhter Temperatur der Zerfallsprozeß des übersättigten Mischkristalles beginnt. Damit ist eine Erhöhung der Festigkeit und eine Änderung einiger anderer Eigenschaften verbunden. Es sei gleich bemerkt, daß wir heute über eine exakte Theorie der Aushärtung nicht verfügen. Wir können uns nur vorstellen, daß in den vorbereitenden Stadien der Ausscheidung einer zweiten Kristallart eine Störung des Raumgitters herbeigeführt wird, die die plastische Verformung, also die Gleitung, erschwert und die Festigkeit erhöht. Warum diese Wirkung nicht im Mischkristall schon in vollem Umfange zustandekommt, weiß man nicht.

Auf alle Fälle ist es klar, daß es sich hier, wie auch bei der Härtung des Stahles, um Probleme der allerhöchsten Dispersitäten handelt. Diese Probleme stehen heute deshalb auch im Mittelpunkt des wissenschaftlichen und technischen Interesses. In der Hauptsache sind es kinetische Fragen, die hier die Forscher beschäftigen. Handelt es sich um die Keimbildung einer neuen Phase oder spielt sich der Störungsvorgang zunächst in der übersättigten Mischkristallphase ab? Was ist die Kinetik der Keimbildung? Wachsen die Keime weiter oder nicht und unter welchen Bedingungen und nach welchen Gesetzen?

Die große Aufmerksamkeit, die die Forscher heute diesen Fragen widmen, ist zu einem erheblichen Teil durch die außergewöhnlich große technische Bedeutung der Aushärtung bestimmt. Auf dem Gebiete der Nichteisenmetalle und insbesondere auf den uns Deutsche am meisten interessierenden Legierungen des Aluminiums und des Magnesiums, ist es bereits zur Selbstverständlichkeit geworden, daß eine weitere Verbesserung der Festigkeit im wesentlichen nur auf dem Wege der Aushärtung möglich ist.

Ein Forscher, der heute eine neue Leichtmetalllegierung herstellen will, fängt damit an, daß er in den Zustandsdiagrammen nach Mischkristallgebieten sucht, die sich zu tieferen Temperaturen hin verengen und nun systematisch daran arbeitet, die Löslichkeitsabhängigkeit der Zusätze von der Temperatur zu vergrößern oder zu variieren in der Hoffnung, *das Maß der Aushärtung* dadurch zu erhöhen. Aber wenn es auch gelingt, die Aushärtung, also die relative oder absolute Festigkeitszunahme zu erhöhen, heißt das nun lange nicht immer, daß man einen technischen Fortschritt erreicht hat. Sind hierzu doch viele verschiedene Bedingungen zu erfüllen. So braucht es nicht zu verwundern, daß von der großen Zahl der bereits gefundenen aushärtbaren Legierungen nur sehr wenige technische Verwendung finden. Es gibt aber kaum eine neue Legierung, die nicht auf der Basis der Aushärtung aufgebaut oder von ihr zum mindesten abhängig ist.

Während die Stahlleute früher die Technik der höchsten Dispersitäten unbewußt getrieben haben, machen sie das heute, angeregt durch die Entwicklung der Aushärtung bei den Nichteisenmetallen, zielbewußt und systematisch. Allerdings hat diese Entwicklungsrichtung beim Stahl nicht eine ähnliche Bedeutung, wie bei den anderen Legierungen gewinnen können. Denn erstens wurden der Aushärtung grundsätzlich verwandte Behandlungsarten dort schon früher angewandt, und zweitens kann die typische Aushärtung, also Ausscheidung aus übersättigter Lösung nach Überschreitung einer Löslichkeitsgrenze, beim Stahl in der Regel nicht mit den ungeheuren, mit der *martensitischen Härtung* verbundenen Festigkeitssteigerungen konkurrieren, bei denen eine Ausscheidung gerade noch *nicht* stattfindet.

Die genannten drei Hauptprobleme stellen natürlich nur ein rohes und zunächst ziemlich leeres Schema dar, das im Einzelfalle durch die besonderen Eigenschaften der Metalle und Legierungen ausgefüllt werden muß. Für die Hauptprobleme der Technik ist es heute aber schwer, eine Entwicklung *außerhalb* dieses Schemas vorzustellen.

Wenn ein kritischer Geist die technischen Fortschritte betrachtet, so mag er sich fragen, wie es möglich ist, daß auf Gebieten, die abschließend erforscht zu sein scheinen, immer und immer wieder überraschende und neue Ergebnisse erhalten werden. In den letzten Jahren haben wir eine solche Entwicklung auf manchen Gebieten der Metalltechnik erlebt, die zu solchen Überlegungen Veranlassung bietet. In den Sonderstählen spielten früher Zusätze von Nickel und Chrom eine entscheidende Rolle, als vor uns Deutsche gebieterisch die Aufgabe trat, an Nickel zu sparen. Die von mancher Seite geäußerte skeptische Beurteilung einer solchen Entwicklung hat sich bald als ganz unberechtigt erwiesen. Erstaunlich schnell ist es gelungen, Stähle zu entwickeln, die für viele Zwecke die Verwendung von Nickel

überflüssig gemacht haben. Wie ist so etwas möglich? Bedeutet es nicht eine Blamage für die frühere Technik, die an einem Vorurteil gehangen hat?

Eine solche Entwicklung wird grundsätzlich verständlich, wenn man bedenkt, daß die technische Forschung, der im Einzelfalle eine technische Aufgabe gestellt ist, sich damit begügen muß, einen oder einige wenige Wege zu ihrer Lösung zu erforschen. Sobald die Aufgabe, also z. B. die Schaffung eines Stahles mit bestimmten Eigenschaften, auf diesen Wegen gelöst ist, gebietet die Notwendigkeit, um die Kosten der Forschung nicht ins Ungemessene ansteigen zu lassen, das Suchen *nach weiteren Wegen* aufzugeben. Damit kann grundsätzlich bei einem bereits durchforschten Gebiet nie die Garantie dafür gegeben werden, daß nicht andere Wege außer den bereits bekannten die Erreichung des technischen Zieles gestatten. Fernerhin wird eine technische Aufgabe nie ideal und vollständig gelöst. Man erfindet nicht ein Rundfunkgerät, das nichts kostet und alles leistet, man findet nicht eine Legierung, z. B. für die Zwecke der Luftfahrt, die unendlich fest, leicht, korrosionsbeständig und billig zugleich ist. Man findet vielmehr *Teillösungen* und muß die Forschung notgedrungen abbrechen, um sie anderen wichtigeren Fragen zuzuwenden, wenn das Erreichte einen guten technischen Fortschritt dem bekannten gegenüber darstellt, damit eine neue technische Anwendung gestattet und wenn nach menschlichen Ermessen die Wahrscheinlichkeit neuer technischer oder wirtschaftlicher Vorteile ohne sehr große Unkosten zu gering wird.

Die Verhältnisse brauchen sich aber nur zu ändern: Die Beurteilung der Lage, wie im Falle des Nickels, wird anders und damit ist alle Veranlassung gegeben, weiter zu forschen. Auf Grund der obigen Überlegungen ist es klar, daß man durchaus hoffen kann, auch zu neuen Ergebnissen zu gelangen.

Aber noch eine andere Überlegung macht die neueste Entwicklung auf dem Gebiete der Sonderstähle in Deutschland verständlich. Ein Sonderstahl wird nicht für einen Zweck verwandt, sondern für eine Reihe von Zwecken. In dem einen Falle wird seine geringe Empfindlichkeit gegen schnell wechselnde Beanspruchung, in einem anderen seine Widerstandsfähigkeit gegen schnelle Temperaturschwankungen, in einem dritten seine hohe Festigkeit kombiniert mit einer guten Plastizität ausgenutzt. Würde man die Forderung stellen, den früheren Sonderstahl in allen seinen Eigenschaften mit einer neuen Zusammensetzung zu kopieren, so müßte man die Möglichkeit einer solchen Entwicklung skeptisch beurteilen. Der Verbraucher beklagt sich auch in der Regel in der Entwicklungszeit darüber, daß er mit dem neuen Stahl, den er an Stelle des alten benutzt, auf manchen Anwendungsgebieten Enttäuschungen erlebt. Das ist gar nicht anders möglich. Es ist aber auch gar nicht notwendig, eine naturgetreue Kopie einer alten Legierung mit neuen Stählen herzustellen. Die Flächen in Fig. 7 stellen das Feld der verschiedenen Anwendungsgebiete dar, das durch verschiedene Werkstoffe überdeckt wird. Jedem Werkstoff entspricht ein Kreis.

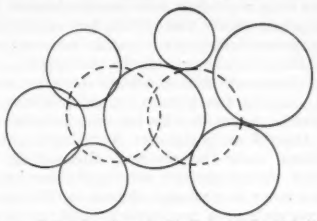


Fig. 7. Schema der Aufteilung verschiedener Anwendungsgebiete von Werkstoffen.

Die Kreise überschneiden sich zum Teil. Dann gibt es mehr als einen Werkstoff, der ein bestimmtes technisches Bedürfnis befriedigt. Zum Teil bestehen zwischen ihnen Lücken. Das sind die nicht befriedigten Bedürfnisse. Die Leistungen eines neuen Stahles seien nun durch den punktierten Kreis dargestellt. Er überdeckt sich mit verschiedenen vorhandenen Kreisen. D. h., der neue Werkstoff übernimmt je einen Teil der Aufgaben, die bisher verschiedenen bekannten Werkstoffen zugefallen sind. Es findet eine neue Aufteilung des Feldes der technischen Bedürfnisse statt, die nicht weniger lückenlos und vollwertig zu sein braucht, als die frühere, ohne daß an Stelle der früher benutzten Werkstoffe völlig gleichwertige getreten wären.

Im Grunde genommen liegt hier dasselbe vor, was unseren Kritiker auch auf dem Gebiete der Wissenschaft immer wieder stutzig macht. Ähnlich wie in der Technik, findet auch hier ein ständiger Fortschritt, zuweilen sprunghaft, statt. Wie ist es möglich, auf einem abgegrasten Felde neue schöne Blumen der Erkenntnis zu pflücken? Es würde zu weit führen, diese Frage zu behandeln. Wir wissen: es ist möglich, und damit kann die Frage des weiteren Fortschrittes nur mit gesundem Optimismus betrachtet werden.

Arbeitsweisen und Ziele der Gewässerforschung[1].

Von KARL STUNDL, Gelsenkirchen.

Die heutige limnologische Forschung stellt eine beträchtliche Erweiterung der Hydrobiologie dar, da sie neben den Erscheinungen im Gewässer auch die der Umgebung berücksichtigt, wenn sie für den Zustand des Gewässers irgendwie bedeutungsvoll sind. So werden nicht nur die chemisch-physikalische Beschaffenheit und das Plankton allein untersucht, sondern auch z. B. die geologische Struktur der umliegenden

[1] Aus dem Hygienischen Institut des Ruhrgebietes zu Gelsenkirchen. Direktor: Prof. Dr. med. et phil. MAX GUNDEL.

Landschaft, die meteorologischen Daten des Gebietes, Waldreichtum, Besiedlung der Ufer u. a. Diese Auffassung hebt den Wissenszweig der Limnologie aus dem Bereich des engumgrenzten Spezialgebietes heraus und bringt ihn auch in Berührung mit Fragen der Praxis, der Hygiene und der Volkswirtschaft in Fischerei und Wassertechnik. Im folgenden sollen nun die heute schon in vielen Fällen geübte Art der Gewässeruntersuchung und die Möglichkeit, dabei praktische Bedürfnisse zu berücksichtigen, dargestellt werden, um so weitere biologisch interessierte Kreise zu planmäßiger Arbeit auf diesem Gebiete anzuregen und zu zeigen, wie aus einer Summe von umfassend angelegten Einzeluntersuchungen wertvolle Hinweise für Theorie und Praxis gewonnen werden können.

In den limnologischen Arbeiten der letzten Jahre ist in steigendem Maße das Bestreben erkennbar, die Untersuchungen möglichst umfassend zu gestalten. Während früher bei den rein hydrobiologischen Arbeiten wohl das Plankton sehr genau untersucht wurde, erfolgten chemische Bestimmungen nicht oder nur in sehr beschränktem Ausmaße. Es lag dies damals vor allem an dem Mangel an geeigneten Verfahren. Aber auch heute führen viele Untersucher, obgleich die wasserchemischen Arbeitsweisen sehr gut durchgearbeitet sind, keine oder nur wenige chemische Bestimmungen aus. In vielen Fällen mag dabei die Scheu des Nichtchemikers maßgebend sein, doch ist es auch für diesen möglich, derartige vereinfachte Bestimmungen vorzunehmen, wenn er — das allerdings ist unbedingt zu fordern — eine geeignete Ausbildung an einem damit befaßten Institut erfahren hat. Sonst sollte besser eine Arbeitsgemeinschaft zur Untersuchung eines Gewässers gebildet werden; denn je umfassender die Erforschung gestaltet wird, desto wertvoller sind ihre Ergebnisse für die theoretische und die angewandte Wissenschaft.

Bei *Feststellung des Arbeitszieles* der heutigen Limnologie ist aus einer Reihe von Arbeiten zu erkennen, daß sowohl das Bestreben nach umfassender Untersuchung als auch nach Vereinheitlichung der Arbeitsweisen besteht. Mehrfach wird die Forderung erhoben, nicht allein die Nährstoffe, wie Stickstoff- und Phosphorverbindungen, neben dem Plankton zu berücksichtigen, sondern möglichst viele Ionen. Das Ideal ist die vollständige Analyse, die ja heute wesentlich leichter durchführbar ist als früher, als man 20—50 l Wasser verarbeiten mußte. Eine Reihe von kolorimetrischen und maßanalytischen Verfahren sind dafür vorhanden, vor allen von CZENSNY, MÜLLER, MAUCHA, KLUT, OHLMÜLLER-SPITTA, WERESČAGIN. Zur gründlichen Festlegung eines Gewässertypus ist nun das Mengenverhältnis aller Ionen unbedingt erforderlich. In zahlreichen Arbeiten wurden limnologische Fragen schon in dieser Weise behandelt, z. B. von FINDENEGG, KALLE, GESSNER, OHLE, STUNDL, WEIMANN u. a. Es ist naturgemäß zu fordern, daß bei allen derartigen Untersuchungen die Methodik genau angegeben wird, denn nur bei Kenntnis der angewandten Arbeitsweisen sind die Ergebnisse auch für andere verwertbar. Der Untersucher muß sich also über die Genauigkeitsgrenzen der von ihm verwendeten Verfahren im klaren sein, ob er sie nun selbst festgestellt hat oder aber sich genau an die Vorschriften der obengenannten Autoren hält.

Da nun die Gewässerforschung als stark aufstrebender Wissenszweig immer größere Bedeutung für Fragen der Praxis gewinnt, ist bei allen Angaben peinliche Genauigkeit zu fordern, da jedem Ergebnis grundlegende Bedeutung für neue Forschungen und Arbeitsrichtungen zukommt. Mit Mutmaßungen, die einer ausreichenden experimentellen Nachprüfung entbehren, kann dabei schwerer Schaden angerichtet werden. In diesem Zusammenhange sei auf die nichtssagenden Bezeichnungen wie „Spur", „positiv", „deutlich nachweisbar" und ähnliche hingewiesen. So wie seit langem in der Planktonforschung diese Ausdrücke als unzulänglich abgelehnt und zahlenmäßige Angaben gefordert werden, so sind auch im Chemismus quantitative Befunde nötig, wenn vergleichbare Ergebnisse gewonnen werden sollen.

In dem folgenden kurzen Überblick soll die Wichtigkeit der einzelnen Bestimmungen dargestellt werden, wobei der Wert der Gesamtanalyse deutlich ersichtlich ist. Das Hauptaugenmerk der Wasserbiologen war immer besonders auf die *Nährstoffe* gerichtet, in erster Linie auf *Stickstoff* und *Phosphor* bzw. auf ihre Verbindungen. Nun ist neben der Kenntnis der Menge der im Wasser gelösten anorganischen Verbindungen dieser beiden Grundstoffe auch die Menge der organisch gebundenen Anteile wichtig, da diese Speichersubstanzen bilden, aus denen durch Bakterientätigkeit wieder anorganische, für die Planktonpflanzen assimilierbare Verbindungen entstehen. Die nunmehr ausgearbeiteten Verfahren gestatten die Bestimmung der Nitrate, Nitrite, Ammoniumverbindungen und Phosphate auf kolorimetrischem Wege. Aus den vorhandenen Ammonium- und Nitritmengen können Schlüsse auf die biologischen Vorgänge im Gewässer, auf erfolgte Verschmutzung durch Abwässer und auf den erreichten Grad der Selbstreinigung gezogen werden, da die beiden Verbindungen meist während oder knapp nach bakteriellen Zersetzungsvorgängen in größerer Menge im Wasser vorhanden sind. Nitrat wird erst zu einem späteren Zeitpunkt des Selbstreinigungsvorganges gebildet.

Die gelösten *Gase* sind naturgemäß für das biologische Geschehen im Gewässer sehr bedeutungsvoll, gleichzeitig ist die Kenntnis ihrer Menge auch für wassertechnische Fragen wichtig. Eine große Menge *freier Kohlensäure* bei niedriger Härte ist für Metalle oder Beton schädlich, da sie diese angreift und löst (aggressive Kohlensäure). *Schwefelwasserstoff* wirkt schon in starken Verdünnungen schädigend auf die Organismen, bei einigen Zehntel Milligramm pro Liter ist eine deutliche Giftwirkung erkennbar. Die Wichtigkeit des *Sauerstoffs* vor allem für das tierische Leben ist bekannt. Die drei genannten Gase haben aber auch, wie EINSELE angibt, große Bedeutung für die gelösten Phosphate im Gewässer, da bei höherem Eisengehalt es von ihrer Menge abhängt, ob Verbindungen gebildet werden, die Phosphor in erheblichem Maße binden, in eine unlösliche Form überführen und so für die Assimilation unangreifbar machen. Aus diesem Grunde ist auch die Bestimmung der *Eisen-* und *Mangan*mengen nötig, die gleichzeitig starken Einfluß auf das Auftreten von eisen- oder manganspeichernden Bakterien haben, welche sich oft in Leitungsrohren sehr störend bemerkbar machen.

Über den Gewässertypus gibt die *Wasserstoffionenkonzentration*, die immer zu bestimmen ist, womöglich schon am Entnahmeort, und der Gehalt an *Chlorid-*, *Sulfat-*, *Karbonat-* bzw. *Bikarbonat*ionen Aufschluß. Die beiden letzteren können zugleich mit *Calcium* und *Magnesium* aus der Wasserhärte berechnet werden (Gesamthärte, Karbonathärte). Der Einfluß dieser Faktoren auf die tierischen und pflanzlichen Wasserbewohner ist besonders bei höheren Gehalten deutlich feststellbar und ihre Erfassung deshalb sehr nötig (Milieufaktoren). Das *Natrium-* und *Kalium*ion wird selten bestimmt, die mengenmäßige Ermittlung wäre aber sehr zu wünschen, da über den Einfluß dieser

Ionen auf das Plankton fast nichts bekannt ist. Zur Feststellung organischer Verunreinigungen wird häufig der *Kaliumpermanganatverbrauch* untersucht, der Schlüsse auf die Menge der oxydierbaren Substanzen im Wasser zuläßt. Ähnlichen Zwecken dient die Bestimmung des *biochemischen Sauerstoffbedarfs* und der *Sauerstoffzehrung* (Abwasseruntersuchung!).

Es wird natürlich die Erforschung eines Gewässers nur dann als vollständig bezeichnet werden können, wenn neben der möglichst umfassenden chemischen Analyse auch eine ebensolche *biologische Untersuchung* an den gleichen Entnahmestellen vorgenommen wird, die neben den *Bakterien* auch das tierische und pflanzliche *Plankton* umfaßt. Häufige Untersuchungen mit kurzen Zeitabständen zwischen den einzelnen Entnahmen sind für ein einwandfreies Ergebnis erforderlich, bei manchen Abwasseruntersuchungen ist tägliche Probenentnahme nötig. Es müssen bei biologischen Forschungen natürlich gleichfalls einheitliche Methoden angewendet werden wie in der Wasserchemie. Die zahlenmäßigen Ergebnisse, die dabei ebenso anzustreben sind wie die Mengenangaben bei der chemischen Analyse, müssen durch einheitliche Arbeitsweisen gewonnen werden. Auf die Unterschiede der einzelnen Zählmethoden weisen UTERMÖHL und WEIMANN hin. Die Netzfänge sind überhaupt für produktionsbiologische Untersuchungen unbrauchbar, weil sie das als Nahrung des Zooplanktons überaus wichtige Nannoplankton gar nicht erfassen. Sie können daher nur zur Orientierung über die Zusammensetzung des gröberen Planktons (Kleinkrebse, Rädertiere, größere Grünalgen) dienen, das Nannoplankton muß durch Sedimentationsverfahren gewonnen werden (vgl. UTERMÖHL).

Bei den bakteriologischen Untersuchungen ist natürlich für die Keimzahlbestimmung eine nach einheitlicher Vorschrift hergestellte Nährgelatine zu verwenden und die Dauer der Bebrütung und die dabei eingehaltenen Temperaturen anzugeben. Die für hygienische Fragestellungen sehr wichtige Bestimmung des *Bacterium coli*, zum Nachweis fäkaler Verunreinigungen im Wasser, die nicht für jeden Gewässerbiologen leicht durchführbar ist, sollte aber, wenn irgend möglich, wegen ihrer hervorragenden Bedeutung nicht unterlassen werden. Die Untersuchung der Zahl und Leistung der verschiedenen chemisch wirksamen Bakterienarten, die Stickstoffbildung und -verbrauch, Eiweißspaltung und Schwefelkreislauf ausschlaggebend beeinflussen, ist gleichfalls anzustreben, da über diese, für den Nährstoffhaushalt sehr wichtigen Vorgänge noch wenig bekannt ist. Allerdings sind die Untersuchungsergebnisse mit Kritik zu betrachten und nicht ohne weiteres den Vorgängen im freien Wasser gleichzusetzen, da die Leistungen der Bakterien in den Kulturen unter Bedingungen erzielt werden, die von denen der untersuchten Gewässer stark abweichen, worauf BAIER hinweist. Doch können derartige Bestimmungen zur Abrundung des Gesamtbildes dienen und mit den anderen Befunden zusammen wertvolle Aufschlüsse über den Gewässercharakter geben.

Aus Arbeiten, die zahlen- und mengenmäßig genaue Angaben bringen, kann von jedem das Nötige für seine Forschungen herausgenommen werden, sie sind Grundlagen für spätere ausgedehnte Untersuchungen und geben auch dem Praktiker Anregungen und Hinweise. Es sei in diesem Zusammenhange auf das Saprobiensystem von KOLKWITZ-MARSSON hingewiesen, das für derartige Fragen eine wertvolle Einteilungsgrundlage bieten und andererseits durch sie noch eine bedeutende Ausgestaltung erfahren kann.

Zum richtigen Überblick über die Vorgänge im Untersuchungsgewässer ist naturgemäß auch die *häufige Untersuchung* einer entsprechenden Zahl von Entnahmestellen nötig. Das mindeste sind Probenentnahmen zu den verschiedenen Jahreszeiten, doch ist die Klärung aller Fragen um so leichter, je kürzer der Zeitraum zwischen den einzelnen Untersuchungen ist. Bei stark wechselnder Verunreinigung eines Gewässers kann eine tägliche Untersuchung nötig sein. In den meisten Fällen ist ein Zeitabstand von 8—14 Tagen zwischen den einzelnen Entnahmen ausreichend. Größere Abstände sollten bei Neuuntersuchungen vermieden werden.

Chemismus und Biologie eines Fließgewässers können nicht durch hin und wieder entnommene Stichproben befriedigend geklärt werden, es sind vielmehr die Verhältnisse des ganzen Flußlaufes zu berücksichtigen, wobei Stromstrich und Stau gesondert zu untersuchen und die Zuflüsse und ihr Einfluß auf das Hauptgewässer festzustellen sind. Ein richtiges Produktionsbild eines größeren stehenden Gewässers ist ebenfalls nur bei Verarbeitung einer Reihe von *Tiefenschichten* zu gewinnen, der Chemismus wird gleichfalls nur bei einer solchen Arbeitsweise in ausreichendem Maße erfaßt werden können. Wenn es auch ohne weiteres klar ist, daß bei größeren Seen Tiefenserien an verschiedenen Stellen entnommen werden müssen, um die Verhältnisse richtig beurteilen zu können, besonders bei Seen, die aus mehreren Becken bestehen, wie beispielsweise der Wörther See (FINDENEGG), so haben die Ergebnisse der Teichuntersuchungen von WEIMANN gezeigt, daß sogar in flachen Gewässern, Teichen und Weihern zeitweilig eine deutliche Schichtung des Planktons und der gelösten Stoffe vorhanden ist, die gleichfalls durch Tiefenserien erfaßt werden muß und erst dann einen Überblick über die Produktion zuläßt.

Neben der Untersuchung des freien Wassers ist in vielen Fällen, besonders bei Feststellung von Schädigungen durch Abwässer, eine biologische Analyse des Schlammes wichtig, da das Vorhandensein oder Fehlen von bestimmten Insektenlarven oder Würmern (z. B. Chironomus- und Eintagsfliegenlarven, Tubifex u. a.) Schlüsse auf Verunreinigungen zuläßt, auch wenn diese nur zeitweilig erfolgen und die Gewässerverunreinigung nach Vorüberziehen der Abwasserwelle chemisch nicht mehr nachweisbar ist. Die Erfassung solcher Fälle ist sehr nötig, da durch sie plötzliche schwere Schädigungen des Fischbestandes bewirkt werden können, deren Ursache auf Grund einer chemischen Untersuchung allein nicht feststellbar wäre.

Demnach erscheint als *Ziel der heutigen Gewässerforschung*, die Kenntnis über die Vorgänge im Wasser nach einheitlichen Arbeitsweisen so umfassend als möglich zu gestalten. Weiterhin sind Feststellungen an vielen gleichartigen Gewässern nötig, um auf diese Art Fortschritte in der Typenlehre zu erzielen. Daraus entsteht die Forderung, daß verallgemeinernde Schlüsse erst aus einer größeren Anzahl gleicher Untersuchungsbefunde gezogen werden. Nicht weniger wichtig ist es auch, alle Gewässerarten in Betracht zu ziehen, vom Kleingewässer bis zum See, vom Bach bis zum Strom. Neben dem wissenschaftlichen Wert dieser Untersuchungen für tier- und pflanzengeographische Fragen sind die Ergebnisse auch praktisch verwendbar, da sie Aufschluß über die Produktionsbiologie der Gewässer geben können. Die bei der Selbstreinigung auftretenden biologischen Erscheinungen sind für Fischerei und Hygiene praktisch auswertbar. Dabei soll die Fauna des Schlammes nicht unbeachtet bleiben, denn außer ihrem diagnostischen Wert hat sie zeitweise als Fischnahrung größere Bedeutung. Die bakteriellen Umsetzungen, die bei der Selbstreinigung in besonders großem Ausmaße

stattfinden, sind gleichfalls nicht außer acht zu lassen, da ihre Erforschung für die Teichwirtschaft neue Anregungen bringen kann. Aus all dem ist der große Aufgabenkreis der Gewässerforschung erkennbar und die Vielzahl der Probleme, die noch zu lösen sind. Auch Fragen vorwiegend theoretischer Natur können dabei ohne große Mehrarbeit so gestaltet werden, daß ihre Ergebnisse für die Praxis wertvolle Beiträge darstellen.

Die heutige Limnologie hat somit bedeutende Aufgaben im Dienste der Hygiene und der Volkswirtschaft zu erfüllen. Es sei hier auf die nun schon vielerorts übliche Zusammenarbeit von Hygienikern, Chemikern und Biologen bei der Untersuchung von Flüssen, Seen und Talsperren, die der Trinkwassergewinnung dienen, hingewiesen. Es ist unumgänglich nötig, dieses Zusammenwirken weiter auszubauen, da so die jeweiligen Untersuchungen den praktischen Bedürfnissen immer mehr angepaßt werden.

Schriftenverzeichnis:

C. Baier, Wesen und Bedeutung hydrobakteriologischer Forschung. Biologe **4** (1935) — Neue Zielsetzung und neue Methodik in der Hydrobakteriologie. Naturwiss. **1937**, H. 35. — R. Czensny, Die zweckmäßige Ausgestaltung der qualitativen Wasseranalyse zur Beurteilung fischereilicher Belange. Z. Fischerei. Neudamm-Berlin 1932. — W. Einsele, Über die Beziehungen des Eisenkreislaufes zum Phosphatkreislauf im eutrophen See. Arch. f. Hydrobiol. **29** (1936). — I. Findenegg, Zur Naturgeschichte des Wörther Sees. Carinthia 1933 — Der Weißensee in Kärnten. Carinthiasonderheft 1936 — Limnologische Untersuchungen im Kärntner Seengebiete. Int. Rev. **1935**. — F. Gessner, Nährstoffgehalt und Planktonproduktion in Hochmoorblänken. Arch. f. Hydrobiol. **25** (1932). — K. Kalle, Phosphat und Gesamtphosphor in Beziehung zu Temperatur, Salzgehalt und Plankton an der Oberfläche der isländischen Küstengewässer. Ber. d. dtsch. wiss. Komm. f. Meeresforsch. **6**, H. 4 (1933). — H. Klut, Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle. Berlin 1938. — R. Maucha, Hydrochemische Methoden in der Limnologie. Aus „Die Binnengewässer" Bd. 12. Stuttgart 1932. — H. Müller, Limnologische Feldmethoden. Int. Rev. **28** (1933). — W. Ohle, Der schwefelsaure Tonteich bei Reinbek. Arch. f. Hydrobiol. **30** (1936). — W. Ohlmüller-L. Spitta, Untersuchung des Wasser und Abwassers. 1932. — K. Stundl, Chemisch-biologische Untersuchungen im Gebiete von Varna, Bulgarien. Ann. d. Hydrogr. u. mar. Meteorol. **65** (1937). — Limnologische Untersuchung von Salzgewässern und Ziehbrunnen im Burgenland (Niederdonau). Arch. f. Hydrobiol. **34** (1938). — H. Utermöhl, Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons. Int. Ver. Limn. **5** (1931). — R. Weimann, Chemisch-biologische Untersuchungen an einem Teich. Arch. f. Hydrobiol. **28** (1935) — Hydrobiologische und hydrographische Untersuchungen an zwei teichartigen Gewässern. Beih. z. Bot. Zbl. **51** (1933). — G. J. Wereščagin, Methoden der hydrochemischen Analyse in der limnologischen Praxis. Int. Ver. f. Limn. 1931.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Zur Trennung der Chlorisotope.

Vor einigen Monaten haben wir ein neues Verfahren zur Isotopentrennung angegeben, das auf einer kombinierten Thermodiffusion- und Thermosiphonwirkung beruht[1]. Das Verfahren ist in der Zwischenzeit von uns entwickelt und ausgebaut worden. In einem Trennrohr von insgesamt 36 m Länge wurde die Aufspaltung des Chlors, dessen normales Atomgewicht 35,457 beträgt, in seine Isotope in Angriff genommen.

1. Schwere Seite. Das Trennrohr liefert auf der schweren Seite zur Zeit täglich 8 ccm Chlorwasserstoff, dessen Gehalt an ^{37}Cl über 99 % beträgt. Herr Professor Hönigschmid und Frau Dr. Hirschbold waren wiederum so freundlich, genaue Atomgewichtsbestimmungen durchzuführen, wofür wir unseren herzlichen Dank sagen.

Ag im Vakuum	AgCl im Vakuum	Atomgew. von Cl
0,48005 g	0,64450 g	36,956

Das chemische Atomgewicht für ^{37}Cl ist 36,968. Somit liegt unsere Probe nur 0,012 Einheiten unter dem theoretischen Wert und weist einen Gehalt von 99,4 % ^{37}Cl auf.

2. Leichte Seite. Am leichten Ende des Trennrohrs haben wir etwa 2 l Chlorwasserstoff gewonnen, für den eine Atomgewichtsbestimmung folgende Werte ergab:

Ag im Vakuum	AgCl im Vakuum	Atomgew. von Cl
0,61237 g	0,81188 g	35,147

Außerdem haben wir noch 1 l Chlorwasserstoff, dessen Cl-Atomgewicht nach Gasdichtemessungen 35,06 beträgt; von diesem Gas werden täglich etwa 25 ccm abgezapft. Augenblicklich versuchen wir die Isolierung einer Chlorprobe, deren Atomgewicht kleiner als 35 ist, was erreichbar sein muß, da das Atomgewicht von ^{35}Cl wegen des Massendefektes nur 34,971 Einheiten ausmacht.

München, Physikalisch-Chemisches Institut der Universität, den 15. Februar 1939. K. Clusius. G. Dickel.

Das Trennrohrverfahren bei Flüssigkeiten.

Das in der voranstehenden Mitteilung gekennzeichnete Verfahren, das sich zur Trennung der Chlorisotopen als sehr erfolgreich erwiesen hat, läßt sich unter geeigneten Bedingungen auch auf den flüssigen Zustand übertragen. Darauf hat der eine von uns in Vorträgen mehrfach hingewiesen, zumal schon Chapman 1929 die Analogie zwischen der Thermodiffusion in Gasen und der in verdünnten Lösungen (Ludwig-Soret-Phänomen) hervorgehoben hat[1].

Der Umstand, daß von anderer Seite unser Verfahren auf Flüssigkeitsgemische angewendet wurde[2], veranlaßt uns zur Bekanntgabe eines Teiles unserer seit August 1938 laufenden Versuche. Die im folgenden beschriebenen Versuche wurden in einem 20 mm breiten und 1 mm weiten Blechkasten von 1,5 m Länge durchgeführt. Die Oberseite konnte durch Dampf oder heißes Wasser, die Unterseite durch kaltes Wasser temperiert werden. Die zur Trennung geeignete Konvektionsgeschwindigkeit ließ sich durch Variation der Neigung leicht auf den optimalen Wert bringen.

1. NaCl-Lösung. Eine 0,1 normale Kochsalzlösung wurde in 4 Stunden bei 80° Temperaturdifferenz am unteren „schweren" Ende der Trennvorrichtung auf die 3,6fache Konzentration gebracht. Es ist zu erwarten, daß verschiedene Ionen schon wegen des unterschiedlichen Hydratationsgrades verschieden schnell wandern werden, so daß eine selektive Konzentrationsveränderung in Lösungen mit mehreren Elektrolyten stattfinden muß.

2. Flüssigkeitsgemische. Eine Acetonwassermischung, die im Vorratsbehälter 42,2 Mol-Prozente Aceton aufwies, zeigte am „schweren" Ende, nachdem 6 Stunden eine Temperaturdifferenz von 40° gewirkt hatte, nur noch einen Gehalt von 6,2 Mol-Prozent Aceton. Es ist bemerkenswert, daß das Wasser trotz des kleinen Molgewichts seiner monomeren Form bevorzugt am „schweren" Ende erscheint. Dieses Ergebnis entspricht ganz den Vorstellungen von der polymeren Struktur des Wassers.

3. Isotopentrennung. Ein H_2O-D_2O-Gemisch zeigte nach 8 Stunden bei 80° Temperaturdifferenz am oberen „leichten" Ende einen D_2O-Gehalt von 62,9 %, am unteren „schweren" Ende von 64,5 %. Der Effekt ist durch mehrfache Messungen bestätigt und hiermit erstmalig in isotopen Flüssigkeiten nachgewiesen worden. Er ist verhältnismäßig klein, was wegen des geringen isotopen Momentes des polymeren Wassers

[1] K. Clusius u. G. Dickel, Naturwiss. **26**, 546 (1938).

[1] S. Chapman, Philosophic. Mag. (7) **7**, 1 (1929).

[2] Korsching u. Wirtz, Naturwiss. **27**, 110 (1939).

nicht überraschen kann. Immerhin erscheint es aussichtsvoll, Isotopentrennungen in Flüssigkeiten auf diesem Wege in Angriff zu nehmen; dies geschieht von unserer Seite hinsichtlich der C-, O- und Br-Isotopen.

München, Physikalisch-Chemisches Institut der Universität, den 24. Februar 1939.
KLAUS CLUSIUS. GERHARD DICKEL.

Zur Größe des Virus der infektiösen Myxomatosis.

Die infektiöse Myxomatosis des Kaninchens ist eine für diese Tierart spezifische Viruskrankheit, die zuerst von SANARELLI (1898) beschrieben wurde. Als Träger der Wirksamkeit gelten die in dem befallenen Gewebe auftretenden Elementarkörperchen. So gelang es T. M. RIVERS und S. M. WARD[1] und VAN ROOYEN[2], durch Zentrifugierung aktiver Viruslösungen die Elementarkörperchen abzutrennen und zu reinigen. Die Elementarkörperchen enthielten die gesamte Wirksamkeit, während die Mutterlauge nahezu unwirksam war. Das „Molekulargewicht" der Elementarkörperchen, die in ihrer Größe den Elementarkörpern der Vaccine (Paschen-Körper) entsprechen, läßt sich auf 2300 Millionen schätzen[3].

Es gelang nun, auf rein chemischem Wege durch Fällung mit Ammonsulfat aus hochaktiven Lösungen des Myxomvirus die gesamte Wirksamkeit abzutrennen. Während mit 20% Ammonsulfat die Ausfällung noch unvollständig war, wurde mit 40% Ammonsulfat eine praktisch vollständige Abtrennung erzielt. Durch wiederholtes Umfällen wurde das erhaltene Protein weiter gereinigt. 7×10^{-16} g der reinsten Proteinfraktion erzeugten noch ein starkes Myxom. Aus dieser Dosis errechnet sich ein *maximales* „Molekulargewicht" der infektiösen Substanzmenge zu $7 \times 10^{-16} \times 6{,}06 \times 10^{23} = 420$ Millionen. Durch genauere Festlegung der äußersten Grenzdosis und weitere Reinigung der aktiven Substanz wird dieser obere Grenzwert wahrscheinlich noch unterschritten werden. Dieser Wert ist überraschend niedrig. Er entspricht der Größenordnung nach dem Molekulargewicht des von NORTHROP dargestellten Staphylokokken-Bakteriophagen, dessen maximales Molekulargewicht auf gleiche Weise aus der Grenzdosis der Wirksamkeit abgeschätzt wurde[4].

[1] J. of exper. Med. **66**, 1 (1937).
[2] C. E. VAN ROOYEN, Zbl. Bakter. Abt. I, Orig. **139**, 130; — und A. J. RHODES, **140**, 117 (1937).
[3] Handbuch der Virusforschung (Herausgeber R. DOERR u. C. HALLAUER) 1. Aufl. **1**, 536. Wien: Julius Springer 1938.
[4] J. gen. Physiol. **21**, 335 (1938).

Andererseits konnten die Befunde von RIVERS und WARD[1] und VAN ROOYEN[2] auch an unseren Viruslösungen bestätigt werden: Schon in einem verhältnismäßig geringen Zentrifugalkraftfeld (16500 Umdrehungen/Min., 17000fache Erdbeschleunigung) fand eine rasche Sedimentation der aktiven Substanz zu über 99% statt. Diese Tatsache zeigt, daß das Myxomvirus hochmolekularer Natur ist und das „Molekulargewicht" der infektiösen Einheit nicht allzuweit *unter* dem ermittelten Maximalwert von 420 Millionen liegen kann.

Herrn Professor BUTENANDT danke ich für die Förderung dieser Arbeit und der I. G. Farbenindustrie, Werk Elberfeld, für ihre Unterstützung. Die physiologischen Versuche wurden gemeinsam mit Frl. H. TESCHEN ausgeführt.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Biochemie, den 17. Februar 1939. GERHARD SCHRAMM.

Zur Systematik des Kartoffel-X-Virus.

Auf Grund neuer Untersuchungsergebnisse müssen zwei Gruppen des X-Virus unterschieden werden. Die eine, als X^E bezeichnete, umfaßt Stämme, die bei etwa 75° inaktiviert werden, die andere, als X^N bezeichnete, solche, die bei etwa 68° inaktiviert werden (Erhitzen der Rohsäfte während 10 Minuten). Innerhalb beider Gruppen ist die Variabilität der Stämme beträchtlich: In beiden gibt es sehr schwache Stämme, die sich in der Tabakpflanze langsam ausbreiten, sodann mittelstarke Stämme mit normalem Durchdringungsvermögen und ferner stark nekrotische Stämme, die sich relativ langsam in der Pflanze ausbreiten — um nur einige auffälligere Differenzen anzuführen.

Die Auffassung, daß die beiden Gruppen keine selbständigen Viren vorstellen, sondern zur gleichen Virusart (X) zu rechnen sind, wird durch folgende Kriterien gestützt: 1. Vertreter der einen Gruppe lassen sich zur Abwehr (Schutzimpfung) von Vertretern der anderen Gruppe verwenden. 2. Vertreter beider Gruppen stimmen bezüglich der Hitzeempfindlichkeit vollkommen überein, wenn die Rohsäfte während 24 Stunden einer Temperatur von 50° ausgesetzt werden.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß das KOCHSche Potato mottle virus eine Zwischenstufe zwischen den genannten beiden Gruppen vorstellt.

Berlin-Dahlem, Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Dienststelle für Virusforschung, den 17. Februar 1939. E. KÖHLER.

[1] Siehe Fußnote 1 auf nebenstehender Spalte.
[2] Siehe Fußnote 2 auf nebenstehender Spalte.

Besprechungen.

Handbuch der Vererbungswissenschaft. Herausgegeben von E. BAUR † und M. HARTMANN. Bd. II, (Lfg. 23), HANS STUBBE: Genmutation. I. Allgemeiner Teil. Berlin: Gebr. Borntraeger 1938. 429 S. und 90 Abbild. 18 cm × 26 cm. Preis brosch. RM 60.—.

In dem Zusammenhang des Handbuches der Vererbungswissenschaft, das nunmehr das 10jährige Jubiläum seiner Erscheinungsdauer bereits hinter sich hat, ist wieder eine neue Monographie erschienen, „Die Genmutation" von H. STUBBE. Der Verf. hat sich seit Jahren mit der experimentellen Seite der Mutationsforschung, der Mutationsauslösung, selbst eingehend beschäftigt, so daß er als einer der besten Sachkenner zu werten ist. Er legt seine Arbeit auf breitester Basis an, indem er zunächst in einem historischen Teil die vorbereitenden Fragestellungen, auf denen das Gefüge der neueren Mutationsforschung errichtet wurde, aus der alten Literatur, insbesondere der abstammungstheoretischen, entwickelt. Dem Werk von DE VRIES, dem Klassiker der Mutationstheorie, ist dabei natürlich gehöriger Raum zugeordnet. Am Schluß dieses historischen Abschnittes wird in wenigen Zeilen die Ableitung dessen gebracht, was die heutige experimentelle Genetik überhaupt unter „Mutation" versteht, und eine inhaltsverzeichnismäßig gedrängte Einteilung der Mutationsphänomene nach ihren verschiedenen Klassen gegeben. Mit der etwas lakonischen Bemerkung: „In der vorliegenden Abhandlung wird nur von *Genmutationen* die Rede sein", schließt dieser zwar sehr bedeutungsvolle, aber leider zu kurze Abschnitt. Die eigentliche Abgrenzung dessen, was man innerhalb der verschiedenen Mutationsphänomene unter „Genmutation" zu verstehen hat, ist also in der Abhandlung selbst zu erwarten.

In dem nun folgenden allgemeinen Teil, überschrieben „Das Wesen des Gens und der Genmutation", werden zunächst *qualitative Betrachtungen* über Genmutationen und Genmutabilität begonnen. Damit muß natürlich eine recht weitgehende Auseinandersetzung auch über das Wesen der Vererbungserscheinungen verbunden sein, soweit sie sich am Vorhandensein und der Manifestierung von einzelnen Genen begreifen lassen. Solange es sich nämlich nur um die qualitative Seite des Mutationsproblems handelt, können die gewünschten Aufschlüsse darüber den gleichen Experimenten entnommen werden, die gleichzeitig auch den Mechanismus der Vererbungserscheinungen, d. h. die Übertragungsweise und die Verteilung der Erbanlagen erläutern. Ein Kreuzungsversuch mit Antirrhinum, vorgenommen an Pflanzen, die rot und weiß gefärbte sowie zygomorph und pelorisch gestaltete Blüten besitzen, erläutert einerseits die Gesetze der Spaltung

und Neukombination, andererseits zeigt ein Studium dieser Pflanzen, wie die von den verschiedenartigen Anlagen gesteuerten Merkmale im Laufe der Entwicklung gebildet werden, ob und wieweit die Anlagen auf andere Merkmale übergreifen, ob sie etwa dem betroffenen Organismus einen Vorteil oder Nachteil im Lebenskampf erteilen, ob sie sich exakt oder labil manifestieren usw. Ebenso wie das ursprüngliche Studium der Vererbungserscheinungen sich an zufällig *vorhandenen Rassen* vornehmen ließ, so konnte das zunächst auch mit der Arbeit an den Mutationsphänomenen geschehen. Denn die vorhandenen Rassen in den verschiedenen Species können nur durch einzelne mutative Schritte entstanden sein, die im Laufe der Phylogenie der Species (oder auch der Sorte!) erhalten blieben. STUBBE bringt nun in klarer Übersicht alles, was über mutierte Eigenschaften und über Mutanten als Ganzes gesagt werden kann. Die Einbeziehung der qualitativen Besonderheiten neu beobachteter Mutanten läßt auch die Art und den Ort des Auftretens von Mutationen erkennen sowie die Zusammengehörigkeit altbekannter wie neu aufgefundener Mutationen zu einer Klasse von Erscheinungen.

Einer anderen empirischen Grundlage entstammen die Angaben über die *quantitative Seite der Mutationsvorgänge*. Zur Ermittlung beispielsweise der Mutationsrate bestimmter Tiere oder Pflanzen können nur solche Experimente verwendet werden, in denen das Auftreten von Mutationen unmittelbar beobachtet wird. Damit ist die einfache Beobachtung und das einfache Kreuzungsexperiment grundsätzlich verlassen; es beginnt in der Forschung, über die hier berichtet wird, methodisch die Periode des Verarbeitens von Massenaufzuchten großen Stils und damit die Möglichkeit, die so überaus fruchtbar verlaufenen Versuche zur experimentellen Auslösung von Mutationen anzusetzen. Der Verf. schildert nun auch in diesem Abschnitt alles Wünschenswerte mit besonderer Eindringlichkeit: er geht von den ersten noch unbefriedigenden Anfängen aus, zeigt den Beginn der erfolgreichen Experimente vor etwa 10 Jahren und erläutert dann ganz besonders die aus den Ergebnissen der Strahlenforschung auf den Mutationsvorgang gezogenen Schlüsse, die in eine eingehende Darstellung der sog. Treffertheorie auslaufen. Einige kürzere Abschnitte über die Wirkung andersartiger Einflüsse (Temperatur, Chemikalien) werden angefügt und zuletzt ein Schlußkapitel, welches eine Auseinandersetzung über die Natur der Gene enthält. Ein umfangreiches Schriftenverzeichnis von 50 Seiten ist schon diesem ersten (allgemeinen) Teil der ganzen Arbeit zugeordnet, und als Anhang ist eine interessante Übersichtstabelle angefügt, die die Erscheinungsweise der Mutationen bei somatischer Mutation und bei einer solchen in einem Gameten erläutert. Die Ausstattung des Buches, vor allem auch die Abbildungen, die Leistung also des Verlages, kann als mustergültig bezeichnet werden, was nach den früheren Teilen des Handbuches zu erwarten war.

Man kann den Verfasser des Buches nur zu seiner Leistung beglückwünschen, der eigenen experimentellen, die im Hintergrunde steht und von phantastischer Arbeit zu berichten weiß, und der, die in der Ausarbeitung des vorliegenden Handbuchbandes besteht, in der er nicht minder gründlich verfuhr, sich bemühte, den riesigen Stoff zu bewältigen und so darzustellen, daß — wie er selbst versichert — die persönliche Stellungnahme zurückgehalten wurde. Es sei gerne anerkannt, daß ein ausgezeichnetes und ungemein nützliches Buch geschaffen worden ist.

Angesichts dieser unbestreitbaren Verdienste möchte der Referent nun auch mit jeder kleinlichen Kritik, die sich auf Einzelheiten richten könnte, zurückhaltend sein. An einer bestimmten Stellungnahme des Autors glaubt er jedoch nicht vorbeigehen zu dürfen, ohne zu sagen, daß sie ihm bedenklich erscheint. Diese Einstellung STUBBES drückt sich weniger in dem aus, was in dem Buch enthalten ist, als vielmehr in dem, was fehlt. Es wurde schon im Anfang des Referates etwas abfällig bemerkt, daß die Abgrenzung dessen, was unter einer Genmutation zu verstehen ist, zu kurz und inhaltsverzeichnismäßig vorgenommen wurde. Um diesem Mangel abzuhelfen, hat der Verf. am Ende des Buches einen vollständigen Abschnitt eingefügt, in welchem er sich eingehend über die Natur der Gene äußert. Gewiß ist er selbst davon überzeugt, daß hier noch nichts Endgültiges ausgesagt werden kann, doch fehlt eine grundsätzliche Auseinandersetzung, die nach der Meinung des Referenten unbedingt hätte gegeben werden müssen. Von welcher Seite her man überhaupt das „Gen" wissenschaftlicher Bearbeitung unterzieht, ob vom gewöhnlichen Mendel-Experiment, ob von der der empirischen Mutationsforschung oder von der Seite der experimentellen Mutationsauslösung aus: man *wird zuerst stets auf ein Chromosom stoßen, und nicht auf ein Gen*. Gene, die nicht in einem Chromosom gelagert sind, gibt es nicht, ja — schlimmer noch — wir kennen wohl die Orte der Gene auf den Chromosomen, diese selbst aber nur von ihrer Wirkung her, während die Chromosomen für uns auch morphologisch wohlbekannte Gebilde sind. Wird also ein Gen von einer Strahlung betroffen und geändert, so muß gleichzeitig auch etwas an der Struktur des Chromosoms geändert werden. Alle diejenigen Mutationserscheinungen jedoch, die die Chromosomen selbst betreffen und sich in den Experimenten als *solche charakterisieren*, werden als „Chromosomenmutationen" bezeichnet und sind von der Erörterung in STUBBES Buch ausgeschlossen geblieben. Wir wissen aber heute, daß — mindestens vom Mendel-Experiment her — eine genaue Abgrenzung dessen, was der einen oder der anderen Kategorie zuzuordnen ist, nicht gegeben werden kann, und es ist sicher, daß viele vermeintliche Genmutationen in Wirklichkeit Chromosomenveränderungen sind. So sind *diese Erscheinungen implizite in Stubbes Buch doch mitbehandelt* worden, ohne daß zu der hier vorhandenen tiefen Problematik anders als in gelegentlichen Bemerkungen zum Positionseffekt Stellung genommen wurde. Der Referent zweifelt nicht daran, daß die weitere Forschung *gerade von dieser Problematik wird ausgehen müssen*. Darum bedauert er, daß der Verfasser dieses sonst so vortrefflichen Buches nicht zugleich auch die Basis für eine neue Interpretation und für weitere Forschung geschaffen hat.

FRIEDRICH OEHLKERS, Freiburg i. Br.

Handbuch der Paläozoologie. Herausgegeben von O. H. SCHINDEWOLF. Band 2 D: O. M. B. BULMAN, Graptolithina. Berlin: Gebrüder Borntraeger 1938. III, 92 S. und 42 Abbild. 17 cm × 25 cm. Subskr.-Preis RM 10.40, Preis brosch. RM 13.—.

Jede Tiergruppe hat ihre besonderen paläontologischen Probleme, die bedingt sind durch ihre Stammesgeschichte, durch die Morphologie und die Erhaltungszustände. Dem Geologen geben die Graptolithen mit die wichtigste Grundlage zur Biostratigraphie des Ordoviziums und des Gotlandiums. An den Graptolithen kann besonders gut das Wesen biostratigraphischer Arbeit gezeigt werden. Der Anlage des Handbuches entsprechend, treten diese stratigraphischen Probleme in BULMANS Buch zurück.

Das spezielle systematische Problem der Graptolithen ist die Erfassung der Familien, Gattungen und Untergattungen; hierin weichen sie nicht wesentlich von den anderen Invertebratenstämmen ab. Das zoologische Hauptproblem der Graptolithen ist die Frage nach ihrer Stellung im System der Tiere: sind sie Vertreter der Coelenteraten (Hydrozoen), der Bryozoen oder der Pterobranchier? Ein anderes wichtiges Problem bietet uns die Fortpflanzung der Graptolithen: war sie sexuell oder vegetativ? Gab es einen Generationswechsel? Ist die Sicula das Produkt sexueller Vermehrung oder einer Knospung? Problematisch ist auch die physiologische Deutung der einzelnen Theca-Typen bei den Dendroidea (Bithecae, Hydrothecae, „budding-individuals"). Von besonderer systematischer Bedeutung ist die Frage nach den verschiedenen Arten der Entwicklung der Rhabdosome, speziell die Bildung und der Verzweigungsmodus der ersten Thecae. So ist die Erforschung der Graptolithen in viel höherem Maße vor die Lösung zoologischer Probleme gestellt, als man nach ihrer Bedeutung für die Biostratigraphie schließen sollte. Die Hauptursache dazu liegt in der Tatsache, daß die Graptolithen bereits im Paläozoikum ausgestorben sind, was jeden Vergleich mit rezenten Tieren sehr erschwert.

Der Inhalt des Bulmanschen Buches ist in Kürze folgender: I. Dendroidea. a) Morphologie; b) Entwicklung; c) Ökologie; d) Geographische und geologische Verbreitung; e) Phylogenie; f) System der Familien und Gattungen. II. Graptoloidea. a) Morphologie; b) Entwicklung; c) Physiologie (Fortpflanzung); d) Ökologie; e) Geographische und geologische Verbreitung; f) Phylogenie (hier auch Stellung der Graptolithen im System der Tiere); g) System der Familien, Gattungen und Untergattungen.

Morphologie und Entwicklungsgeschichte nehmen in der Darstellung einen besonders breiten Raum ein. Der Verfasser hat wie kein zweiter Paläontologe gerade die Erforschung der Entwicklungsgeschichte gefördert. Ausführlich wird die Phylogenie der verschiedenen Familien und Gattungen behandelt. Skeptisch steht der Verf. der Ruedemanschen Deutung der Synrhabdosome von Diplograptus und ihrer „Gonangien" gegenüber. In der Frage nach der Fortpflanzungsart neigt der Verf. zu der Ansicht, daß die Sicula durch Knospung entstanden sei. Die Verwandtschaft der Graptolithen mit den Hydrozoen erscheint ihm eher wahrscheinlich als die mit den Bryozoen. Die beiden Ordnungen sind durch Übergangsformen verbunden. Die Dendroidea umfassen 3 Familien mit gegen 30 Gattungen, von denen 9 nach dem Kriege aufgestellt worden sind. Bei den Graptoloidea finden wir nicht mehr die altbekannte Einteilung in Axonolipa und Axonophora; an ihre Stelle treten 9 Familien mit gegen 70 Gattungen bzw. Untergattungen, 12 davon nach dem Kriege errichtet.

Die Abbildungen sind durchweg Strichzeichnungen, zum größten Teil Originalzeichnungen des Verf.s. Die leider unterbliebene Beigabe einiger Photographien von Graptolithen auf dem Gestein hätte die Vorstellung von ihrem Erhaltungszustand erleichtert. Eine kurze historische Einleitung über die Erforschung der Graptolithen wäre erwünscht gewesen.

Jeder Paläontologe und jeder Geologe muß das hervorragende Werk von Bulman begrüßen, das für den Forscher und für den Lehrer gleich unentbehrlich sein wird. War es doch in den letzten Jahrzehnten für den Nichtspezialisten unmöglich, sich etwa an Hand der deutschen Lehrbücher — die jüngsten keineswegs ausgenommen — ein klares Bild von dieser wichtigen fossilen Tiergruppe zu machen. Die Darstellung des Verf. ist ausgezeichnet, besonders auch in ihrer konzentrierten Kürze. Die oft künstlerisch schönen Originalabbildungen sind mustergültig klar. Die Auswahl der aus anderen Werken übernommenen Abbildungen ist sehr sorgfältig und erleichtert wesentlich das Vergleichen der verschiedenen Formen. An der Erforschung der Graptolithen nach dem Kriege hat Bulman das bedeutendste Verdienst; zur Darstellung der Graptolithen im Handbuch der Paläozoologie war er wie kein anderer berufen.

Noch steht die Forschung auf diesem Gebiet keineswegs am Ende ihrer Arbeit. In einem Postscriptum kündigt der Verf. in aller Kürze die Untersuchungsergebnisse des bekannten polnischen Paläontologen R. Kozlowski an, die berufen sind, wieder einen neuen Abschnitt der Graptolithen-Forschung einzuleiten. Die Frage nach der Stellung der Graptolithen im System wird anscheinend geklärt (Verwandtschaft mit Pterobranchiern!), neue Ordnungen werden entdeckt, sexuelle Fortpflanzung wird nachgewiesen.

Der Verf., der Herausgeber und der Verlag verdienen auch für diesen Band des Handbuches hohe Anerkennung. Walter Gross, Berlin.

JACOBS, WERNER, **Fliegen, Schwimmen, Schweben.** (Verständliche Wissenschaft Bd. 36.) Berlin: Julius Springer 1938. VI, 134 S. und 86 Abbild. 11 cm × 18 cm. Preis geb. RM 4.80.

Das vorliegende Büchlein des Münchener Zoologen Jacobs enthält eine Schilderung der im Tier- und Pflanzenreich vorkommenden Formen der Fortbewegung in der freien Luft und im Wasser sowie der ihnen zugrunde liegenden anatomischen Einrichtungen. Die erst in neuerer Zeit wieder aufgenommenen Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen dem Bau und der Funktion der Bewegungsorgane finden hier eine ansprechende Darstellung unter Berücksichtigung der physikalischen Grundlagen der Fortbewegung in der Luft und im Wasser, deren Kenntnis uns die moderne Technik, zumal die Flugtechnik, in so reicher Weise vermittelt hat. Im Mittelpunkt der Ausführungen stehen die ***Funktionen*** der Fortbewegungsorgane; die ***Anatomie*** ist nur so weit herangezogen, wie es zum Verständnis der Bewegungstypen nötig ist, und so entsteht eine gewiß auch den Nichtfachmann fesselnde Darstellung, die sehr leicht lesbar ist, da der Stil flüssig und frisch ist und da auf Fachausdrücke soweit wie möglich Verzicht geleistet wurde. Besonders hervorzuheben sind die gutgewählten, fast durchweg sachlich und technisch vorzüglichen Abbildungen, die nicht nur anatomische Konstruktionen, sondern auch Bewegungsvorgänge veranschaulichen und den Text sehr gut ergänzen, zumal sie größtenteils für die Zwecke der vorliegenden Schrift neu gezeichnet oder umgezeichnet wurden.

Über die Ausnützung von Luft- und Wasserströmen durch den Pollen, durch die Samen von Früchten und Pflanzen und durch Tiere (Altweibersommer, Segel- und Gleitflieger) führt der Verfasser den Leser zum aktiven Flug der Wirbeltiere und der Insekten, zum aktiven Schwimmen und Tauchen und schließlich zum Schweben im Wasser, wie es die Staatsquallen, gewisse Mückenlarven und die Fische in der Vollendung zeigen.

Zusammenfassende Darstellungen biologischer Gebiete wie die vorliegende, die wissenschaftliche Genauigkeit mit gemeinverständlicher Schreibweise verbindet und vorhandene Lücken unseres Wissens nicht zudeckt, sondern deutlich aufzeigt, sind sehr zu begrüßen. Auch die Ausstattung des Büchleins ist sehr gut, der Preis angemessen. Hermann Weber, Münster i. Westf.

Scharben und die Scharbenfischerei.

In der Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie[1] berichtet F. SCHWANGART zusammenfassend über dieses Thema. Die Kormorane oder Scharben (Phalacrocoracidae) sind eine sehr einheitliche Gruppe von Seevögeln mit weltweiter Verbreitung. Systematisch bilden sie mit den Pelikanen, Tölpeln, Schlangenhals- und Tropiksvögeln die Ordnung der Steganopodes (Ruderfüßer). In Mittel- und Südeuropa ist Phalacrocorax carbo sinensis Brutvogel, auf deutschem Boden heute bloß noch in Ostpreußen und auf Rügen, zur Zugzeit aber an allen Küsten und auch im Binnenland. Nur als Gast erscheint bei uns die nordische Krähenscharbe (Ph. a. aristoteles), regelmäßig in der Nordsee, seltener die Zwergscharbe (Ph. pygmaeus), die südosteuropäischer Herkunft ist.

Der Kormoran ist dem Wasserleben nicht in allem vollendet angepaßt. Seine Leistungen im Tauchen suchen aber ihresgleichen. Grundfische werden aus 1—3 m in $^1/_2$—$^3/_4$ Minuten heraufgeholt, DEWAR stoppte als Höchstleistung $9^1/_2$ m in 71 Sekunden. Eigenartigerweise besitzt der Kormoran keine „Tragfedern", um beim Schwimmen und Tauchen darin die Flügel zu verbergen. Die Flügel müssen deswegen immer wieder getrocknet werden: seitlich ausgebreitet, während die Tiere am Lande stehen — eine charakteristische, oft abgebildete Stellung.

Die Brutzeit unseres Kormorans ist nicht streng fixiert, sie läuft von Februar bis in den Herbst hinein. Die Horste sind grobe Bauten, kolonienweise erstellt auf Bäumen und auf Felsen, von beiden Geschlechtern zusammengetragen. Der Futterverbrauch der Scharben wurde früher stark überschätzt. Beliebt sind Aale und Plattfische. Ihre Eignung zur Domestikation (s. u.) bekunden die jungen Scharben schon frühzeitig durch Zutraulichkeit gegenüber dem Menschen. HEINROTH schildert den Kormoran als umgänglich und keineswegs tückisch, wie die Jägerlegende behauptet. Der Zug der Kormorane geht über die atlantischen Küsten oder binnenländische Stromtäler ins Mittelmeergebiet. Auch in der Nordsee überwintern schon viele.

Von den zahlreichen ausländischen Kormoranformen ist am bemerkenswertesten die fluglose Art Nannopterum harrisi von den Galapagosinseln. Sie wurde erst 1897 entdeckt, 1923 kam das erste Stück lebend nach New York. Ihr Gewicht kann 5 kg übersteigen. Während die Schwimmfüße groß und kräftig sind, mit starken Klauen bewehrt, stehen dagegen die Flügel, wenn auch noch voll entwickelt, ganz im Zeichen der Rückbildung. So unbeholfen sich die Tiere auf dem Lande benehmen, so lebhaft sind sie im Wasser, wo sie sogar den Vergleich mit Pinguinen aufnehmen sollen. Offenbar verfügen die Galapagos-Kormorane über eine gute Intelligenz, die sie vermutlich auch für menschliche Dienste besonders geeignet machte; u. a. sind die Vögel aber für solche Verwendung viel zu selten, was Ref. entgegen der Meinung des Autors betonen muß.

Die Frage der wirtschaftlichen Bedeutung der Scharben ist nach der jeweiligen fischereilichen Nutzung der Gewässer durch den Menschen zu entscheiden. In fischreichen, vom Menschen nicht intensiv ausgebeuteten Gewässern kann von einem Schaden der Kormorane nicht die Rede sein, so z. B. am Bosporus. An unseren Binnenseen und Strömen ist dagegen eine Beschränkung der Größe der Kormorankolonien gerechtfertigt. Diese Beschränkung darf aber nicht zu einer Ausrottung führen, die neben Abschuß und Eierausnehmen zur Unzeit auch durch Fällen der Horstbäume eingeleitet werden kann. Daneben ist nach Meinung des Autors die wirtschaftliche Nutzung der Kormorane, soweit im Übermaß vorhanden, zu bedenken, so die Verwendung der Jungen für die menschliche Ernährung (wie zum mindesten früher in Holland üblich) und die Guanoerzeugung. Letzteres scheidet indessen dadurch aus, daß unser Klima zu feucht ist,um eine nennenswerte Guanoproduktion zuzulassen. Ebenso ist Ref. der Meinung, daß die Idee der kulinarischen Verwendung der Vögel bei unseren heutigen Kormoranzahlen aus naturschützlerischen und volkserzieherischen Gründen zu verwerfen ist.

Das Hauptinteresse beansprucht der Kormoran für uns durch seine uralte Verwendung als Jagdgenosse des Menschen. Dieser in Ostasien begründete Sport wurde im 16. Jahrhundert (in Japan seit 600 n. Chr.) auch nach Europa importiert und hier von den Falknern ausgeübt. Aus verschiedenen Gründen ist der Kormoran als „Beizvogel" ganz besonders geeignet. Neben guter Zähmbarkeit von Wildfängen ist auch Züchtung der Scharben unschwer möglich. Dabei geht die starke Hingabe des Kormorans an den Fischfang nicht verloren, und das Bedürfnis der Tiere, nach dem Fischfang zu landen (s. o.), wird mit zu einer Grundlage ihrer fischereilichen Abrichtung.

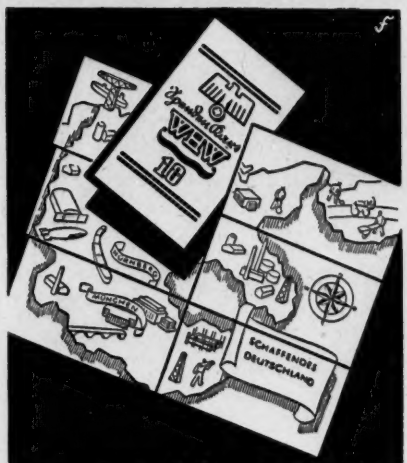
In China finden im Gegensatz zu Japan und Europa fast nur gezüchtete Scharben Verwendung. Haushennen dienen als Brutammen, da auch die domestizierten Kormorane, bei denen übrigens partieller oder ganzer Albinismus nicht selten ist, Baumbrüter bleiben. Die Abrichtung erfolgt zunächst an der Schnur von Pfählen aus. Später wird mit freien Vögeln (meist mehrere zusammen), die auf Pfeifensignale und bestimmte Zeichen der Jäger reagieren, vom Boot oder Floß aus gearbeitet, manchmal in ganzen Flotten. Der Halsring oder -strick bezweckt hier nicht, die Vögel an der Flucht oder am Verschlingen größerer Fische zu hindern, sondern er gilt als Symbol der Leibeigenschaft. Ein richtig dressierter Kormoran apportiert sicher. Die Wildfänge bleiben indessen stets an der Leine, meist im Zwölfergespann, und tragen den Halsring gegen das Verschlingen der Fische. Sie werden mit verbundenen Augen transportiert und nachts zum Fang gebracht (dunkle Nächte sind am günstigsten). Die Japaner begehen den Fang oft mit Musik und Gesang, was auch die Vögel anregt. Das chinesische Verfahren wird gegenüber dem japanischen als sportlicher, humaner und erfolgreicher bezeichnet.

Überall spielt das Studium der Individualität der zur Fischerei verwandten Scharben eine große Rolle, überhaupt die Beobachtung ihres psychischen Lebens. Es ist davon die Rede, daß die Vögel eines Bootes unter sich eine gewisse Rangordnung wahren, die in der Respektierung eines Leittieres ihren stärksten Ausdruck findet. Jeder Vogel kennt seinen Herrn, sein Boot und seinen Platz darin. Mit Recht wird betont, daß der Kormoran zweifellos ein günstiges Objekt zu tierpsychologischen Studien sein dürfte. Besonders für den Vergleich zwischen Wild- und Haustierzustand einer Tierart sollte der Kormoran ein gutes Versuchsobjekt sein.

HELMUT SICK.

[1] Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie. Herausgegeben von J. SCHMIDT. Sonderabdruck aus Bd. 41, Heft 2: F. SCHWANGART, Scharben und Scharbenfischerei. Berlin: Paul Parey 1938. 34 S. (S. 121—154) und 25 Abbild. 17 cm × 25 cm.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.



Kauft und sammelt die WHW Spendenfahrkarten mit den Leistungsbildern Gross-Deutschlands

Am 25. März 1939 erscheint:

Ernährungslehre

Grundlagen und Anwendung

Bearbeitet von

B. Bleyer, W. Diemair, O. Flössner, H. Glatzel
J. Kühnau, E. Lehnartz, W. Mollow †, A. Pillat
H. Rudy, A. Schittenhelm, H. Schönfeld
H. Schroeder, W. Schüffner, W. Stepp
P. Vogt-Møller, H. Wendt, F. Wirz

Herausgegeben von

Professor Dr. **Wilhelm Stepp**

Direktor der I. Medizinischen Klinik
der Universität München

Mit 34 Abbildungen. Etwa 670 Seiten. 1939

Bei Vorausbestellung bis 25. März 1939 gebunden RM 27.—

Endgültiger Preis nach Erscheinen
gebunden RM 36.—

VERLAG VON JULIUS SPRINGER
IN BERLIN

Zum Messen von Schwärzungen kleinster Flächenstücke

hat sich seit Jahren als subjektives Vergleichsphotometer das

ASKANIA-Mikrophotometer

nach Hartmann

bei der Auswertung von Stern- und Spektralaufnahmen bewährt.

Bitte verlangen Sie unsere Beschreibungen
Astro 339 33/34

ASKANIA

ASKANIA-WERKE A.G.

BERLIN-FRIEDENAU

Kp 1194

Der Aufbau der Zweistofflegierungen

Eine kritische Zusammenfassung

Von

Dr. phil. habil. **M. Hansen**

Dürener Metallwerke A.-G., Düren/Rhld.

Mit 456 Textabbildungen. XV, 1100 Seiten. 1936

Gebunden RM 87.—

Die binären Zustandsschaubilder, die das legierungstechnische Verhalten der Metalle und Metalloide miteinander in allen Einzelheiten vom Zusammenschmelzen über die Erstarrung und die Umsetzungen im festen Zustande bis zum endlich erreichten stabilen Gefügeaufbau einfach und übersichtlich darstellen, sind die Grundlage der Metallwissenschaft und Metalltechnik. Ihre erste mehr qualitative Ausarbeitung durch thermische Analyse und Gefügeuntersuchung ließ brauchbare Legierungssysteme von technisch aussichtslosen scheiden; ihre Ausarbeitung in allen Einzelheiten durch stetig verfeinerte Verfahren, wie z. B. das Röntgenverfahren, läßt uns die Voraussetzungen für Veredelungsverfahren und auch für Fehlererscheinungen erkennen und bringt uns einer planmäßigen Metallchemie näher. Ihre Kenntnis ist die unbedingte Voraussetzung für die verständnisvolle Entwicklung und Erkenntnis von Drei- und Mehrstofflegierungen. Es ist daher eigentlich unverständlich und wohl nur durch die Scheu vor der Sichtung eines fast unübersehbaren Schrifttums und durch die Rücksicht auf die stetige weitere Verbesserung der Untersuchungsverfahren zu erklären, daß bis heute eine umfassende Darstellung des bisher Erarbeiteten nicht vorlag.

In dem vorliegenden Buche ist diese kritische Sichtung und Zusammenfassung der im wahrsten Sinne grundlegenden Tatsachen der Metallkunde erfolgt. Der Name M. Hansen, früher Abteilungsleiter im Kaiser Wilhelm-Institut für Metallforschung, bürgt für die genaue zuverlässige Bearbeitung. Die Zusammenstellung des Schrifttums ist wohl einzigartig vollständig; der begleitende Text erspart im allgemeinen Zurückgreifen auf die Urveröffentlichungen und gibt gleichzeitig an, wo alles klar, wo noch Ergänzungen nötig, wo noch Widersprüche zu klären sind ... **Es gibt kein Buch der Metallkunde, das mehr als dieses in jedes Betriebs- und Forschungslaboratorium gehört.**

„Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure"

In dem Buche werden die einzelnen Zweistoffsysteme, nach ihrer alphabetischen Reihenfolge geordnet, auf Grund der vorliegenden Arbeiten besprochen. Damit hat der Verfasser einem wirklichen Bedürfnis abgeholfen. **Bei allen Legierungsfragen wird man zum „Hansen" greifen** und ihn zu Rate ziehen. In ihm ist die umfangreiche Ernte einer schier unabsehbaren Zahl von Untersuchungen, man darf wohl sagen, praktisch lückenlos eingebracht. Bei Stichproben des Berichterstatters bei den ihm gut geläufigen Systemen waren alle ihm bekannten Arbeiten erwähnt. Das umfangreiche Schrifttumsverzeichnis ist als eine besonders wertvolle Gabe zu bezeichnen.

„Stahl und Eisen"

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Hierzu zwei Beilagen vom Verlag Julius Springer in Berlin.

Für den Textteil verantwortlich: Fritz Süffert in Berlin W 9; für den Anzeigenteil: Albert Meyer in Berlin-Steglitz, Kühlebornweg 5. DA. IV. Vj. 3100. — Pl. 4. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig. — Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Printed in Germany.